



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería Informática

**Una metodología para gestión de la
interacción entre los estudiantes, los
profesores y el contenido en aplicaciones
en línea de Aprendizaje Híbrido usando
modelos conceptuales**

TESIS DOCTORAL

Realizada por:

Ismael Pascual Nieto

Supervisada por:

Pilar Rodríguez Marín

Michael O'Donnell

Cantoblanco, Madrid (España), Junio de 2009

Tabla de Contenidos

NOTAS PRELIMINARES	XI
RESUMEN	XIII
AGRADECIMIENTOS.....	XV
LISTA DE PUBLICACIONES	XVII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 Motivación	3
1.2 Objetivos	6
1.3 Contribuciones Principales.....	7
1.4 Estructura del documento.....	8
II. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	11
2 INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR	13
2.1 Introducción	13
2.2 Factores del diseño de la interacción	14
2.2.1 Usabilidad	15
2.2.2 Accesibilidad	15
2.2.3 Funcionalidad.....	16
2.2.4 “Encontrabilidad”	16
2.2.5 Estética.....	17
2.2.6 Utilidad.....	17
2.2.7 Credibilidad	18
2.3 Principios de Diseño de la Interacción	18
2.3.1 Diseño de la Interacción basado en la Usabilidad.....	19
2.4 Métodos de Evaluación de la Interacción	21
2.4.1 Inspección	21
2.4.2 Indagación.....	22
2.4.3 Test	23
3 INTERACCIÓN EN SISTEMAS DE EDUCACIÓN A DISTANCIA	25
3.1 Introducción.....	25
3.2 La receta de la interactividad de Borsook y Higginbotham-Wheat	26
3.3 El marco de trabajo de Chou.....	27
3.4 La teoría de Anderson.....	33
3.5 Principios de Interacción Persona-Ordenador en sistemas de educación a distancia en línea	36
3.5.1 CoMPASS: Mejora de la interacción estudiante-capacitacional	38
3.5.2 CourseVis: Mejora de la interacción profesor-capacitacional en su vertiente de monitorización	39
3.5.3 MINIMA: Mejora de la interacción profesor-capacitacional en su vertiente de gestión de contenidos	42
III. METODOLOGÍA M-I2P5 PARA GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN	45
4 ELEMENTOS DE UNA METODOLOGÍA PARA GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN EN SISTEMAS DE APRENDIZAJE HÍBRIDO EN LÍNEA.....	47

4.1	<i>Elementos de una metodología de gestión de la interacción</i>	47
4.2	<i>Elementos de una metodología de gestión de la interacción en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea</i>	50
4.2.1	Entidades	51
4.2.2	Interacciones entre entidades	51
4.2.3	Procesos y Flujos de Información	54
4.2.4	Datos del modelo	57
5	MODELO DE DATOS PARA SOPORTE DE LA INTERACCIÓN	59
5.1	<i>Visión global</i>	60
5.2	<i>El modelo conceptual</i>	63
5.3	<i>Modelo de dominio</i>	64
5.4	<i>Modelo del estudiante</i>	65
6	M-I2P5-E: MÉTODOS PARA GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE EL ESTUDIANTE Y LA CAPA COMPUTACIONAL EN APLICACIONES EN LÍNEA PARA APRENDIZAJE HÍBRIDO	67
6.1	<i>Proceso de Evaluación Local del Conocimiento</i>	67
6.1.1	Comunicar siguiendo la metáfora del diálogo	68
6.1.2	Adaptar la información presentada	69
6.1.3	Evitar la sobrecarga cognitiva	70
6.1.4	Proporcionar retroalimentación inmediata	71
6.1.5	Permitir la autoevaluación	72
6.2	<i>Proceso Informador de la Evaluación Global</i>	73
6.2.1	Proporcionar la información según un enfoque multimodal	74
6.2.2	Resumir la información global	75
6.2.3	Justificar la evaluación	76
6.2.4	Presentar indicadores de estado	77
6.2.5	Permitir la revisión de lo realizado	78
6.3	<i>Proceso de Enseñanza de Conceptos</i>	79
6.3.1	Proporcionar nueva información en base a la existente	80
6.3.2	Generar explicaciones locales ante dudas concretas	81
6.3.3	No mostrar información poco relevante	82
6.3.4	Fomentar el aprendizaje a partir de los propios errores	82
6.3.5	Mostrar información multimodal adaptada al estudiante	82
7	M-I2P5-P: MÉTODOS PARA GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE EL PROFESOR Y LA CAPA COMPUTACIONAL EN APLICACIONES EN LÍNEA PARA APRENDIZAJE HÍBRIDO	85
7.1	<i>Proceso Capturador del Modelo de Dominio</i>	86
7.1.1	Permitir el uso de herramientas de edición ya conocidas	87
7.1.2	Permitir la modificación del contenido del curso actualizando el modelo de dominio y de usuario	88
7.1.3	Jerarquizar la estructura de los cursos	88
7.1.4	Limitar la información en pantalla	89
7.1.5	Permitir contenido multimedia	89
7.2	<i>Proceso de Monitorización del Estudiante</i>	90
7.2.1	Proporcionar la información de rendimiento agrupada por estudiante o por grupo de estudiantes	90
7.2.2	Proporcionar información completa y multimodal	91
7.2.3	Garantizar que la información esté actualizada	92
7.2.4	Permitir elegir el nivel de detalle de la información	93
7.2.5	Permitir la generación automática de informes	93

IV.	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA M-I2P5.....	95
8	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN ESTUDIANTE-CAPA COMPUTACIONAL (M-I2P5-E)	97
8.1	<i>Proceso de Evaluación Local del Conocimiento</i>	98
8.1.1	Comunicar siguiendo la metáfora del diálogo.....	98
8.1.2	Adaptar la información presentada al estudiante.....	99
8.1.3	Evitar la sobrecarga cognitiva	105
8.1.4	Proporcionar una retroalimentación inmediata	107
8.1.5	Permitir la autoevaluación	108
8.2	<i>Proceso Informador de la Evaluación Global</i>	110
8.2.1	Presentar la información siguiendo un enfoque multimodal.....	110
8.2.2	Resumir la información global	119
8.2.3	Justificar la evaluación	120
8.2.4	Mostrar indicadores de estado	121
8.2.5	Permitir la revisión de lo realizado.....	121
8.3	<i>Proceso de Enseñanza</i>	123
8.3.1	Fomentar el anclaje de nueva información con la existente.....	123
8.3.2	Generar explicaciones locales ante dudas concretas.....	123
8.3.3	No mostrar información no relevante	124
8.3.4	Aprender de los propios errores	124
8.3.5	Información multimodal adaptada al estudiante.....	125
9	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN PROFESOR-CAPA COMPUTACIONAL (M-I2P5-P)	127
9.1	<i>Proceso Capturador del Modelo de Dominio</i>	128
9.1.1	Permitir el uso de herramientas de edición ya conocidas	128
9.1.2	Permitir la modificación del contenido del curso actualizando el modelo de usuario y de dominio	131
9.1.3	Jerarquizar de forma natural la estructura de los cursos	134
9.1.4	Limitar la información de edición en cada pantalla	135
9.1.5	Permitir la introducción de contenido multimedia	135
9.2	<i>Proceso de Monitorización del Estudiante</i>	136
9.2.1	Proporcionar la información de rendimiento del estudiante agrupada por estudiante y grupos de estudiantes.....	137
9.2.2	Proporcionar información completa y multimodal	138
9.2.3	Garantizar que la información esté actualizada.....	143
9.2.4	Permitir elegir el nivel de detalle	143
9.2.5	Permitir la generación automática de informes.....	143
V.	EXPERIMENTOS Y CONCLUSIONES	145
10	EXPERIMENTOS Y EVALUACIÓN	147
10.1	<i>Valoración de M-I2P5-E para gestión de la interacción estudiante-capa computacional....</i>	<i>147</i>
10.1.1	Impacto de la aplicación de M-I2P5-E en estudiantes con formación técnica específica	149
10.1.2	Comparativa de la aplicación de M-I2P5 entre estudiantes con y sin formación técnica específica	153
10.2	<i>Valoración de M-I2P5-P para gestión de la interacción profesor-capa computacional</i>	<i>157</i>
10.2.1	Valoración de los métodos para adquisición del modelo de dominio	157
10.2.2	Valoración de los métodos de monitorización del estudiante	160
11	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	165
11.1	<i>Conclusiones Principales</i>	165
11.2	<i>Grado de Cumplimiento de los Objetivos</i>	167
11.3	<i>Contribuciones</i>	170

11.4 Trabajo Futuro	170
REFERENCIAS	173
APÉNDICES.....	181
A. CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DEL <i>EDITOR DE PREGUNTAS DE ATENEA</i> (2006/2007)	183
B. CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DEL USO DE <i>COMOV</i> (2006/2007).....	185
C. CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DE ESTUDIANTES NO TÉCNICOS (2007/2008) PARA SESIÓN EN EL LABORATORIO	187
D. CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES NO TÉCNICOS (2007/2008) DISPONIBLE EN LÍNEA	191
E. CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN PARA ESTUDIANTES TÉCNICOS (2007/2008).....	193

Lista de Figuras

FIGURA 2-1 FACTORES DE DISEÑO DE LA INTERACCIÓN [FUENTE:HASSAN-MONTERO, 2006]	14
FIGURA 3-1 MODOS DE INTERACCIÓN. [FUENTE: ANDERSON, 2003].....	33
FIGURA 3-2 MODELO DE LA INTERACCIÓN EN LOS SISTEMAS DE EDUCACIÓN A DISTANCIA EN LÍNEA. [FUENTE: ANDERSON, 2003]	36
FIGURA 3-3 INTERFAZ PARA EL ESTUDIANTE DE COMPASS [FUENTE: STYLIANOU & PUTAMBEKAR, 2003]	38
FIGURA 3-4 EJEMPLO DE INTERFAZ PARA REPRESENTAR ASPECTOS SOCIALES DE UN CURSO [FUENTE: MAZZA, 2005].....	40
FIGURA 3-5 EJEMPLO DE INTERFAZ PARA REPRESENTAR ASPECTOS COGNITIVOS (MATRIZ PARA VISUALIZAR EL RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES EN PRUEBAS TIPO TEST)	41
FIGURA 3-6 EJEMPLO DE INTERFAZ PARA REPRESENTAR ASPECTOS DE COMPORTAMIENTO (ACCESOS A UN CURSO DE LOS ESTUDIANTES)	42
FIGURA 3-7 INTERFAZ DE MINIMA PARA LA INTERACCIÓN ESTUDIANTE-CONTENIDO [FUENTE: ANOHINA & GRUNDSPENKIS, 2008].....	43
FIGURA 4-1 ESCENARIO GENÉRICO MOSTRANDO LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN CON PERSONAS.....	49
FIGURA 4-2 ENTIDADES QUE INTERVIENEN EN SISTEMAS DE APRENDIZAJE HÍBRIDO EN LÍNEA.....	51
FIGURA 4-3 INTERACCIONES ESTABLECIDAS ENTRE LA CAPA COMPUTACIONAL Y LAS ENTIDADES HUMANAS CON REFERENCIA A LOS PRINCIPALES INTERCAMBIOS DE INFORMACIÓN.	52
FIGURA 4-4 REPRESENTACIÓN DEL CASO DE USO QUE INCLUYE LOS PROCESOS COMPUTACIONALES PARA LA INTERACCIÓN ESTUDIANTE-CAPA COMPUTACIONAL	55
FIGURA 4-5 REPRESENTACIÓN DEL CASO DE USO QUE INCLUYE LOS PROCESOS COMPUTACIONALES PARA LA INTERACCIÓN PROFESOR-CAPA COMPUTACIONAL	57
FIGURA 5-1 MODELO DE DATOS	60
FIGURA 8-1 PANTALLA INICIAL DE PREGUNTA EN ATENEA SIN APLICAR M-I2P5	98
FIGURA 8-2 PANTALLA INICIAL DE PREGUNTA EN WILLOW CON M-I2P5 APLICADO	99
FIGURA 8-3 REGISTRO EN LÍNEA DE ESTUDIANTES EN WILLOW	100
FIGURA 8-4 MODIFICACIÓN DE LOS DATOS PERSONALES EN WILLOW	101
FIGURA 8-5 PRIMERA PREGUNTA DEL DIÁLOGO DE ORIENTACIÓN EN ATENEA (SIN LA APLICACIÓN DE M-I2P5-E)	102

FIGURA 8-6 PRIMERA PREGUNTA DEL DIÁLOGO DE ORIENTACIÓN EN WILLOW (APLICANDO M-I2P5-E)	102
FIGURA 8-7 SEGUNDA PREGUNTA DEL DIÁLOGO DE ORIENTACIÓN EN ATENEA (SIN APLICAR M-I2P5-E)	103
FIGURA 8-8 SEGUNDA PREGUNTA DEL DIÁLOGO DE ORIENTACIÓN EN WILLOW (APLICANDO M-I2P5-E)	103
FIGURA 8-9 TERCERA PREGUNTA DEL DIÁLOGO DE ORIENTACIÓN EN ATENEA (SIN APLICAR M-I2P5-E)	104
FIGURA 8-10 TERCERA PREGUNTA DEL DIÁLOGO DE ORIENTACIÓN EN WILLOW (APLICANDO M-I2P5-E)	104
FIGURA 8-11 PÁGINA DE RETROALIMENTACIÓN DE ATENEA (SIN APLICAR M-I2P5-E)	108
FIGURA 8-12 PÁGINA DE RETROALIMENTACIÓN DE WILLOW (APLICANDO PRINCIPIOS DE M-I2P5-E) ..	109
FIGURA 8-13 MENÚ DE SELECCIÓN DEL FORMATO DE REPRESENTACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL EN WILLOW	110
FIGURA 8-14 MAPA CONCEPTUAL MOSTRADO EN WILLOW (APLICANDO M-I2P5-E)	111
FIGURA 8-15 MAPA CONCEPTUAL MOSTRADO EN COMOV (SIN APLICAR M-I2P5-E)	112
FIGURA 8-16 DIAGRAMA CONCEPTUAL MOSTRADO EN COMOV (SIN APLICAR M-I2P5-E)	113
FIGURA 8-17 DIAGRAMA CONCEPTUAL MOSTRADO EN WILLOW (APLICANDO M-I2P5-E)	113
FIGURA 8-18 GRÁFICA DE BARRAS REPRESENTATIVO DEL MODELO CONCEPTUAL EN WILLOW (APLICANDO M-I2P5-E)	114
FIGURA 8-19 GRÁFICO DE BARRAS REPRESENTATIVO DEL MODELO CONCEPTUAL EN COMOV (SIN APLICAR M-I2P5-E)	115
FIGURA 8-20 TABLA REPRESENTATIVA DEL MODELO CONCEPTUAL EN COMOV (SIN APLICAR PRINCIPIOS DE M-I2P5-E)	117
FIGURA 8-21 TABLA REPRESENTATIVA DEL MODELO CONCEPTUAL EN WILLOW (APLICANDO PRINCIPIOS DE M-I2P5-E)	117
FIGURA 8-22 RESUMEN TEXTUAL DEL MODELO CONCEPTUAL EN COMOV (SIN APLICAR PRINCIPIOS DE M-I2P5-E)	118
FIGURA 8-23 RESUMEN TEXTUAL DEL MODELO CONCEPTUAL EN WILLOW (APLICANDO PRINCIPIOS DE M-I2P5-E)	119
FIGURA 8-24 EJEMPLO DE PÁGINA DE EXPLICACIÓN GENERADA PARA EL CONCEPTO "IPCRM" EN WILLOW (APLICANDO M-I2P5-E)	120
FIGURA 8-25 ACCESO AL HISTÓRICO DE PREGUNTAS DE WILLOW	122

FIGURA 8-26 VISUALIZACIÓN DE LAS PREGUNTAS DEL HISTÓRICO	122
FIGURA 9-1 EJEMPLO DE PLANTILLA PARA WILLED	129
FIGURA 9-2 COMIENZO DE LA PLANTILLA DEL CURSO DE “PRÁCTICAS DE SISTEMAS OPERATIVOS I”	130
FIGURA 9-3 INTRODUCCIÓN/MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CURSO EN WILLED	131
FIGURA 9-4 GESTIÓN DE TEMAS DEL CURSO ACTUAL EN WILLED	132
FIGURA 9-5 MODIFICACIÓN DE UNA PREGUNTA EN EL EDITOR DE ATENEA (SIN METODOLOGÍA)	133
FIGURA 9-6 MODIFICACIÓN DE UNA PREGUNTA EN WILLED (SEGÚN LA METODOLOGÍA)	133
FIGURA 9-7 GESTIÓN DE PREGUNTAS EN EL EDITOR DE ATENEA (SIN METODOLOGÍA)	134
FIGURA 9-8 GESTIÓN DE PREGUNTAS EN WILLED (SEGÚN LA METODOLOGÍA)	134
FIGURA 9-9 MUESTRA DE INFORMACIÓN MULTIMEDIA EN WILLED	136
FIGURA 9-10 SELECCIÓN DE ESTUDIANTES PARA VER SU MODELO CONCEPTUAL EN WILLOV	137
FIGURA 9-11 GRÁFICA DE LOS NIVELES DE DIFICULTAD EN WILLOV	138
FIGURA 9-12 GRÁFICAS DE ACTIVIDAD DE WILLOV	141
FIGURA 9-13 DATOS DE ACCESO RELATIVOS AL DÍA 22/6/2008	142
FIGURA 9-14 COMUNICACIÓN ESTUDIANTE-PROFESOR POR CORREO EN WILLOV	142
FIGURA 9-15 FORMULARIO PARA PROGRAMACIÓN DE TAREAS AUTOMÁTICAS DE GENERACIÓN DE INFORMES DE MONITORIZACIÓN QUE SE ENVÍEN AL CORREO	144
FIGURA 9-16 PÁGINA USADA PARA PEDIR GENERACIÓN DE INFORMES DE MONITORIZACIÓN	144
FIGURA 10-1 FRECUENCIA DE USO DE ATENEA EN EL CURSO 2006/2007	149
FIGURA 10-2 FRECUENCIA DE USO DE WILLOW EN EL CURSO 2007/2008	152
FIGURA 10-3 USO DEL MODELO CONCEPTUAL EN WILLOW POR PARTE DE ESTUDIANTES TÉCNICOS ...	152
FIGURA 10-4 PORCENTAJE Y NÚMERO DE ESTUDIANTES DE PRAGMÁTICA QUE USARON VARIAS DE LAS FUNCIONES DE WILLOW	154
FIGURA 10-5 FRECUENCIA DE USO DE WILLOW POR LOS ESTUDIANTES DE PRAGMÁTICA	155
FIGURA 10-6 USO DEL MODELO CONCEPTUAL EN WILLOW POR PARTE DE ESTUDIANTES NO TÉCNICOS	155

Lista de Tablas

TABLA 3-1 DIMENSIONES DE LA INTERACCIÓN. [FUENTE: CHOU, 2003]	27
TABLA 3-2 MARCO DE TRABAJO PARA LOS TIPOS DE INTERACCIÓN, DIMENSIONES INTERACTIVAS Y FUNCIONES INTERACTIVAS EN SISTEMAS WEB DE APRENDIZAJE SEGÚN CHOU (2003)	28
TABLA 3-3 TIPOS DE INTERACCIÓN, FUNCIONES INTERACTIVAS Y SU DEFINICIÓN SEGÚN CHOU (2003) .	29
TABLA 3-4 NIVEL DE NECESIDAD PARA INSTRUCCIÓN Y NIVEL DE DIFICULTAD DE CADA FUNCIÓN INTERACTIVA EVALUADA POR DOS TRIBUNALES DE EXPERTOS	32

Notas Preliminares

En este apartado se presentan un conjunto de notas preliminares para facilitar la lectura de este documento y delimitar su alcance.

En primer lugar, en este documento **se utiliza el masculino gramatical como genérico**, según los usos lingüísticos, para referirse a personas de ambos sexos.

En segundo lugar, es apropiado destacar que este trabajo se centra en **la interacción dirigida a estudiantes adultos**, entendiendo como tales a aquellos estudiantes mayores de 16 años. El estudio de la interacción de niños con cursos en línea tiene características específicas que quedan fuera del alcance de este trabajo.

En tercer lugar, la **única entrada/salida que se considera** en cuanto a la interacción con el ordenador **es el ratón y el teclado**; estando fuera del alcance de este trabajo el estudio de nuevos dispositivos como sensores táctiles, aparatos para reconocimiento de habla o gestos, o tecnologías basadas en el movimiento de los ojos.

En cuarto lugar, **queda fuera del propósito y alcance de este trabajo** estudiar aspectos relacionados con **la accesibilidad de sistemas**, centrándose en aspectos de facilidad de uso e interacción.

Resumen

En las últimas décadas se ha podido comprobar cómo el uso de las nuevas tecnologías para la educación proporciona numerosas ventajas. No obstante, también se han encontrado dificultades, como por ejemplo: alumnos que no usan los sistemas de educación a distancia en línea porque sienten que no es una educación completa si no hay relación directa estudiante-profesor, o bien profesores/estudiantes sin formación técnica que no usan estos sistemas por considerarlos muy complejos.

El primer problema expuesto se puede solucionar mediante el uso de sistemas de Aprendizaje Híbrido. Este tipo de sistemas combina la educación tradicional con las nuevas tecnologías. La hipótesis de este trabajo es que la situación expuesta por el segundo problema se puede mejorar usando los principios estudiados por el campo de investigación en Interacción Persona-Ordenador (IPO), puesto que estos principios pretenden facilitar el uso de las aplicaciones informáticas por parte de toda la sociedad y no únicamente por personas con formación técnica específica.

Así, en este trabajo, se propone una nueva metodología de gestión de la interacción basada en principios IPO y adaptada para sistemas de Aprendizaje Híbrido. En particular, la metodología desarrollada se ha llamado M-I2P5, puesto que trata dos tipos de interacción: la interacción entre el estudiante y la capa computacional (o sistema informático educativo), y la interacción entre el profesor y dicha capa computacional; y proporciona cinco procesos: tres de ellos para modelar la interacción estudiante-capas computacional y dos para la interacción profesor-capas computacional.

Además, M-I2P5 se basa en el uso de modelos conceptuales como elemento clave del modelo de datos. Esto se debe a la facilidad que proporciona este modelo de datos para capturar los conceptos, y las relaciones entre ellos, de distintos contenidos educativos.

M-I2P5 se ha implementado en el conjunto de herramientas de Aprendizaje Híbrido llamado Will Tools. Se han realizado varios experimentos con profesores y estudiantes para comprobar su grado de satisfacción y la frecuencia de uso de estas herramientas con la metodología M-I2P5 implementada respecto a versiones previas de las Will Tools sin la metodología implementada, obteniéndose resultados positivos tanto en el aumento de uso de las herramientas, como en el nivel de satisfacción percibido por los profesores y los estudiantes.

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera dar las gracias a mis tutores Pilar Rodríguez y Mick O'Donnell. Gracias a Pilar por haberme orientado durante estos años siendo un apoyo en todos los momentos tanto buenos como malos durante la realización de este trabajo de investigación. Su energía, comentarios y ayuda me han servido para poder llegar a la meta de poder realizar una investigación útil y beneficiosa.

Gracias a Mick, porque, desde que llegué a la Universidad ha sabido creer en mí tanto con proyectos como en la investigación. Su sentido del humor me ha animado en los momentos más duros y sus comentarios han sido siempre ayudas valiosas en la mejora de mi trabajo.

Asimismo, quisiera agradecer la inestimable colaboración prestada por Laura Hidalgo y el resto de profesores del Departamento de Filología Inglesa para la realización de las pruebas necesarias en el desarrollo del presente trabajo.

Gracias también a mi querida novia Diana, a quién dedico esta tesis. Es la persona más maravillosa que conozco. Gracias a su luz, he podido ver el camino que llega hasta la consecución completa de este trabajo.

También quiero hacer aquí, especial mención a mi madre, mi padre y mis hermanos, que siempre han estado ahí cuando los he necesitado, y han sabido comprender el gran trabajo y cantidad de horas necesarias para llevar a cabo esta investigación.

Muchas gracias a Marisa Moreno y Sonia Durán por su inestimable trabajo de gestión y su atenta resolución a todas las dudas que me han ido surgiendo durante el proceso de entrega de este trabajo.

No quisiera olvidar dar las gracias a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, han contribuido por su gestión, su apoyo y su "saber hacer" a la consecución y buen fin de este trabajo, ya que sin ellos, esta obra no habría sido posible.

Por último, quisiera hacer especial mención a la Universidad Autónoma de Madrid, a la cual tengo especial cariño, pues ha visto mi crecimiento y evolución desde que llegué recién terminado del instituto hasta la actualidad.

Lista de Publicaciones

Este trabajo de investigación ha dado lugar a **18** publicaciones que se presentan ordenadas por primer autor y año de publicación:

- **Pascual-Nieto, I.**; Pérez-Marín, D.; O'Donnell, M. & Rodríguez, P. (2009) A Usability Study on How Non-Technical Students Interact with a Free-Text Computer Assisted Assessment System. Proceedings of the International Conference on Computer Supported Education (CSEDU). INSTICC, Lisboa (Portugal), Marzo, vol. 1, pp. 127-133.
- **Pascual-Nieto, I.**; Pérez-Marín, D.; O'Donnell, M. & Rodríguez, P. (2009). Enhancing On-line Blended Learning Systems using a new Human-Computer Interaction Educational Methodology. En: Lazinika, A. (ed). *Advanced Learning*. Austria: In-Tech. ISBN 978-953-7619-X-X [capítulo de libro aceptado para ser publicado]
- **Pascual-Nieto, I.**; Pérez-Marín, D.; O'Donnell, M. & Rodríguez, P. (2008). Enhancing a free-text Adaptive Computer Assisted Assessment system with self-assessment features. En: Actas de la IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). *IEEE Computer Society*, pp. 399-402. ISBN: 978-0-7695-3167-0. [categoría A en el índice CORE]
- **Pascual-Nieto, I.**; Pérez-Marín, D.; Rodríguez, P. & O'Donnell, M. (2008). Using Automatically Generated Students' Clicable Conceptual Models for e-tutoring. *CEUR-WS*. 354, pp. 1-8. ISSN: 1613-0073.
- **Pascual-Nieto, I.** & O'Donnell, M. (2007) Flexible statistical construction of bilingual dictionaries. *Revista de la Sociedad Española de Procesamiento del Lenguaje Natural*, 39, 249-255, September. ISSN 1135-5948.
- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.** & Rodríguez, P. (2009). Adaptive Computer Assisted Assessment of students' free-text answers with the Will Tools to automatically generate students' conceptual models for e-tutoring. En: Fu Lee Wang, Joseph Fong & Reggie Kwan (eds). *Handbook of Research on Hybrid Learning Models: Advanced Tools, Technologies and Applications*. Portugal: Information Science Reference (antes Idea Group Reference). [capítulo aceptado para ser publicado]
- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.** & Rodríguez, P. (2009). On the Use of an On-line Free-text Scoring System Individually or Collaboratively. En: Proceedings de la International Conference of Web Information Systems and Technologies (WEBIST). INSTICC, Lisboa (Portugal), Marzo, pp.501-506. ISBN: 978-989-8111-81-4

- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.** & Rodríguez, P. (2009). Sobre la efectividad de guiar a los estudiantes hacia la respuesta correcta mediante un sistema web. En: Actas de la cuarta edición del Congreso Internacional Educared. Madrid: Educared. [Aceptado para ser publicado]. ISBN: 978-84-691-1364-6. [Disponible en línea desde octubre 2008 en http://www.educared.net/congresoiv/comu_49.html]

- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.** & Rodríguez, P. (2008). About the benefits of exploiting Natural Language Processing techniques for e-learning. En: Actas de la cuarta edición de la conferencia internacional Web Information Systems and Technologies (WEBIST). Portugal: INSTICC. pp. 472-477. ISBN 978-98-981112-9-6. [indexada por ISI Proceedings, INSPEC y DBLP]

- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.** & Rodríguez, P. (2008). Natural Language Interaction based on automatically generated conceptual models. En: Actas de la International Conference in Enterprise Information Systems (ICEIS). Portugal: INSTICC. pp. 5-12. ISBN 978-989-8111-38-8 [indexada por ISI Proceedings, INSPEC y DBLP] [Conferencia organizada por el INSTICC (Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication), en cooperación con la Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)]

- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.**; Rodríguez, P. (2008). Natural Language Processing meets User Modeling for automatic and adaptive free-text scoring. *Revista de la Sociedad Española del Procesamiento de Lenguaje Natural (SEPLN)*, 41, 225-233. ISSN: 1135-5948.

- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.**; Rodríguez, P.; Anguiano, E. & Alfonseca, E. (2008). Validating automatically generated students' conceptual models from free-text answers at the level of concepts. En: American Institute of Physics Conference Series [revista en Internet]. *AIP Conference Proceedings*, 1060, 90-93. Disponible en: <http://link.aip.org/link/?APCPCS/1060/90/1> [último acceso 9 de junio de 2008]. ISSN: 1551-7616

- Pérez-Marín, D.; Alfonseca, E.; Rodríguez, P. & **Pascual-Nieto, I.** (2007). Automatic generation of students' conceptual models from answers in plain text. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Springer-Verlag, 4511, 329-333. ISSN: 0302-9743. [factor de impacto 0.302 según la ISI Web of Knowledge]

- Pérez-Marín, D.; Alfonseca, E.; Rodríguez, P. & **Pascual-Nieto, I.** (2007). A study on the possibility of automatically estimating the confidence values of students' knowledge in

generated conceptual models. *Journal of Computers, Academy Publishers*. Finlandia, 2(5), 17-26. ISSN: 1796-203X.

- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.**; Alfonseca, E.; Anguiano, E. & Rodríguez, P. (2007). A study on the impact of the use of an automatic and adaptive free-text assessment system during a university course. En: Joseph Fong & Fu Lee Wang (eds). *Blended Learning*, Singapore: Prentice Hall (Pearson Education South Asia), pp. 186-195. ISBN: 978-981-06-7903-3

- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.**; Alfonseca, E.; Rodríguez, P. (2007). Automatically generated inspectable learning models for students. *Frontiers in Artificial Intelligence and Education*. IOS Press. 2007, 158, 632-634. ISSN: 0922-6389. *Artículo citado por:*

Bull, S.; Mabbott, A.; Gardner, P.; Jackson, T.; Lancaster, M.J.; Quigley, S. & Childs, P.A. (2008) Supporting Interaction Preferences and Recognition of Misconceptions with Independent Open Learner Models. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag, 5149, p. 62-72.

- Pérez-Marín, D.; **Pascual-Nieto, I.**; Alfonseca, E. & Rodríguez, P. (2006). Automatic identification of terms for the generation of students' concept maps. En: Actas de la Conferencia Internacional en Multimedia y Tecnologías de la Información y la Comunicación en Educación (MICTE). Sevilla: Formatex., 3, 2007-2011. ISBN: 978-84-690-2469-8.

- Pérez Marín, D.; Alfonseca, E.; Rodríguez, P. & **Pascual Nieto, I.** (2006). Willow: Automatic and adaptive assessment of students free-text answers. En: *Revista de la Sociedad Española de Procesamiento de Lenguaje Natural*. SEPLN, 37, 367-368. ISSN: 1135-594.

Parte I

Introducción

En la parte I de este trabajo se realiza una introducción a la investigación realizada, presentando su motivación, los objetivos de la misma, las contribuciones principales y una presentación de la estructura del presente documento.

Capítulo 1

Introducción

1.1 Motivación

La Interacción Persona-Ordenador (IPO) ha sido definida en multitud de ocasiones en las últimas décadas. Algunas de las definiciones que podemos encontrar son:

“La Interacción Persona-Ordenador se puede entender como dos potentes procesadores de información (humano y ordenador) intentando comunicarse mediante una interfaz altamente restringida” (Tufte, 1989).

“La Interacción Persona-Ordenador es la disciplina de diseñar, evaluar e implementar sistemas informáticos interactivos para el uso de humanos, y de estudiar sus fenómenos asociados” (Preece, 1994).

Ambas definiciones enfatizan la necesidad de que los programas informáticos incorporen facilidades de uso para los seres humanos. Esto implica que los diseñadores de programas informáticos han de tener en consideración ciertos criterios o principios (Berge, 1999) con el fin de que los programas resultantes sean fáciles de usar.

La Interacción Persona-Ordenador se ha convertido en un campo de estudio fundamental. Prueba de ello es la extensa cantidad de conferencias (Graff, 2009) dedicadas a la presentación de trabajos de investigación en este campo (CHI, INTERACT, UIST, ICEIS, WIAMIS, etc.). Todo ello porque la interfaz de un programa resulta ser un factor clave en la percepción e impresión del usuario acerca del programa mismo (Thimbleby, 1990). Aunque un sistema sea técnicamente perfecto, si su interfaz resulta de difícil uso, puede convertirse en un auténtico fracaso ya que a los usuarios finales les será difícil utilizarlo. Esto explica el hecho de que al menos un 48% del código de las aplicaciones esté dedicado al desarrollo de la interfaz de las mismas (Myers, 1998).

La importancia del estudio de la Interacción Persona-Ordenador, así como la aplicación y formalización de sus principios, se ha visto también reforzada por el gran avance de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) que se ha producido en los últimos años. Se ha evolucionado desde una situación en la que la tecnología informática se utilizaba únicamente en el dominio de expertos, a la situación actual en la que la tecnología informática se utiliza ampliamente en aplicaciones de todo tipo y es accesible tanto a público experto como no experto.

En lo que se refiere al cambio de papel de la tecnología con respecto a los usuarios, Shneiderman (2002) afirma que: *“La computación del pasado estaba orientada a lo que las máquinas podían hacer. La computación del futuro está orientada a lo que los usuarios pueden hacer con las máquinas”*. Es decir, la idea clave es que son los programas informáticos los que deben adaptarse a los usuarios y no los usuarios los que se deben adaptar a los programas informáticos. Esto es cierto para cualquier tipo de sistema, ya sea un sistema de gestión bancaria, de control aéreo o un sistema educativo accesible vía web.

En cualquier caso, aunque sean los sistemas los que deban adaptarse a los usuarios y no al revés, en la utilización de cualquier sistema hay que considerar un factor importante: la predisposición al uso del mismo por parte de los usuarios. Si los usuarios del sistema no desean utilizarlo, o no lo consideran útil, de poco sirve que el sistema incorpore un alto grado de adaptación, ya que el usuario final no lo utilizará. Para evitar este tipo de situación hay que realizar un análisis de los intereses de los usuarios y sus necesidades reales (Dix *et al.*, 2003). Habrá que considerar la mejor forma de gestionar la interacción entre el programa que se desea desarrollar y los usuarios finales. El primer paso de este análisis será por tanto identificar el tipo de sistema, los usuarios y sus necesidades específicas.

El interés principal de este trabajo se encuentra en la gestión de la interacción de sistemas informáticos en línea para soporte del aprendizaje de un curso. Estos sistemas son usados, por una parte, por los docentes del curso y, por otra parte, por los estudiantes del mismo.

En este punto conviene comentar un hecho significativo que aparece al considerar el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación para la educación. Este hecho es la diferencia de entusiasmo con que ha sido acogido entre educadores e investigadores la aplicación de dichas tecnologías al proceso de aprendizaje. Se ha producido un arduo debate entre investigadores que creen que el uso de los sistemas educativos vía web reducen la calidad de la educación, al

considerar que se está eliminando la interacción humana entre los estudiantes y el profesor (Nissenbaum & Walker, 1998; Phipps & Merisotis, 1999; Trinkle, 1999); e investigadores que creen que el uso de los sistemas educativos vía web puede ser, no sólo tan efectivo como la enseñanza tradicional, sino también una aportación de importantes beneficios, como permitir el estudio desde cualquier ordenador conectado a Internet, a cualquier hora y al ritmo de cada estudiante (Russell, 1999; Page, 2006).

Como ya afirmaron Clark (1983) y Owston (1997), no es del medio (sea pizarra y tiza versus Internet y ratón) sobre lo que habría que discutir, sino acerca de cómo se utiliza el medio. En particular, uno de los elementos fundamentales que afectan a la efectividad del uso del medio es la cantidad y los tipos de interacción existentes para la presentación de un curso al usar un sistema informático (Borsook & Higginbotham-Wheat, 1991; Drave, 2000; Rovai & Barnum, 2003; Chou, 2003). A este respecto se hace necesario definir una serie de principios de interacción que puedan aplicarse a los sistemas educativos y que permitan una gestión adecuada de la interacción entre los estudiantes, los profesores y el contenido del curso mediado por un ordenador.

Algunos precedentes en la tarea de formalizar principios y métodos de la Interacción Persona-Ordenador para la educación a distancia son: la clasificación de Moore (1989) de las relaciones interactivas; la "receta" de Borsook y Higginbotham-Wheat (1991) para conseguir aumentar la interactividad en el cursos de educación a distancia en línea; el Marco de trabajo de Chou (2003) para facilitar el diseño de la interactividad en sistemas de educación a distancia en línea; o la teoría de la interactividad en la educación a distancia propuesta por Anderson (2004).

Estos estudios son la base de la que parte la metodología de gestión de la interacción de sistemas de Aprendizaje Híbrido que se propone en este trabajo. En particular, los *sistemas de Aprendizaje Híbrido* o *Blended Learning* (Graham, 2006) son aquellos sistemas de educación en los que se combina la enseñanza tradicional con el uso de nuevas tecnologías diseñadas para la enseñanza.

1.2 Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es proponer una nueva metodología para gestión de la interacción entre los estudiantes, los profesores y el contenido de un curso en aplicaciones en línea para Aprendizaje Híbrido. Esta metodología recibirá el nombre “M-I2P5”¹, y así nos referiremos a ella a partir de este punto.

Este objetivo engloba los siguientes sub-objetivos:

- Caracterizar las principales tareas o actividades desarrolladas por los estudiantes y los profesores que son susceptibles de una gestión de la interacción respecto al apoyo que suponen los sistemas informáticos para Aprendizaje Híbrido.
- Desarrollar un conjunto de métodos o estrategias orientadas a la gestión de las interacciones entre los estudiantes, los profesores y el contenido de un curso, de forma que éstos sean aplicables a las principales actividades identificadas que puedan realizar estos usuarios.
- Aplicar la metodología de gestión de la interacción desarrollada a un sistema cuya gestión de la interacción haya sido desarrollada de forma no planificada, con el fin de presentar una aplicación práctica de los métodos desarrollados.
- Evaluar la facilidad de uso alcanzada con la gestión de la interacción desarrollada. Este objetivo se alcanzará recopilando las valoraciones subjetivas de los usuarios acerca del grado de satisfacción alcanzado, que permitan estimar la facilidad de uso e interactividad del sistema resultante.
- Evaluar las diferencias de uso entre usuarios muy familiarizados con las tecnologías de la información (usuarios con formación técnica específica) y usuarios poco familiarizados (usuarios sin formación técnica específica).

¹ El nombre M-I2P5 proviene de: “**M**etodología para la gestión de **2** Interacciones con **5** Procesos computacionales”

1.3 Contribuciones Principales

Este trabajo contribuye principalmente a los campos de investigación en Interacción Persona-Ordenador y en Educación a Distancia Asistida por Ordenador, mostrándose cómo la convergencia de estos dos campos es beneficiosa para ambos:

- Al campo de **Interacción Persona-Ordenador**, por proporcionarle una nueva metodología, llamada M-I2P5, para gestión de las interacciones entre el estudiante, el profesor y el contenido de en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea.
- Al campo de la **Educación a Distancia**, por ofrecer a los diseñadores de estos sistemas la experiencia de la Interacción Persona-Ordenador adaptada y optimizada para sus intereses en una metodología abierta, disponible y viable para cualquier sistema de Aprendizaje Híbrido en línea.

Además, este trabajo también contribuye al campo de Modelado de Estudiantes por definir las interacciones entre los sujetos que intervienen en los procesos educativos, tanto instructivos como de evaluación, y proporcionar un modelo de datos específico para la representación de los datos estimados de evaluación del estudiante y aquellos relacionados con los procesos de interacción.

1.4 Estructura del documento

Para tratar los diversos aspectos que componen este trabajo, el documento se ha estructurado en cinco partes:

- **Parte I:** consta de este primer capítulo de **introducción** cuyo objetivo es proporcionar una visión global de la motivación del trabajo y de su aplicabilidad.
- **Parte II:** consta de los capítulos 2 y 3, en los que se revisa el **estado del arte** en Interacción Persona-Ordenador y las iniciativas de uso de los principios Interacción Persona-Ordenador aplicados a sistemas de educación a distancia respectivamente.
- **Parte III:** consta de los capítulos 4 a 7. En estos capítulos se describe la **metodología M-I2P5**, que se propone para la gestión de la interacción entre los estudiantes, los profesores y el contenido de cursos en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea. En particular:
 - El capítulo 4 describe los elementos principales que intervienen en la definición de la metodología propuesta.
 - El capítulo 5 se encarga de explicar el modelo de datos usado como soporte de los procesos informáticos que implementarán la metodología de gestión de la interacción.
 - El capítulo 6 describe los métodos propuestos por M-I2P5 para la gestión de la interacción entre el estudiante y la aplicación informática.
 - El capítulo 7 describe los métodos propuestos por M-I2P5 para la gestión de la interacción entre el profesor y la aplicación informática.
- **Parte IV:** consta de los capítulos 8 y 9, correspondientes a la **aplicación de la metodología M-I2P5** en el conjunto de herramientas de Aprendizaje Híbrido en línea llamadas Will Tools:
 - El capítulo 8 describe la aplicación de los métodos para gestión de la interacción entre el estudiante y la aplicación informática.
 - El capítulo 9 describe la aplicación de los métodos para gestión de la interacción entre el profesor y la aplicación informática.

- **Parte V:** consta de los capítulos 10 y 11, en los que se exponen los **experimentos realizados y sus resultados:**
 - El capítulo 10 contiene la descripción de los experimentos realizados para este trabajo en los que se realiza una evaluación de la metodología
 - El capítulo 11 recoge las principales conclusiones de este trabajo de investigación y líneas de trabajo futuro.

Además, al final del documento se incluyen las referencias bibliográficas y un conjunto de apéndices con información adicional relativa a los experimentos realizados (cuestionarios).

Parte II

Revisión del Estado del Arte

En esta parte se revisa el estado del arte relacionado con la propuesta. El primer capítulo revisa la investigación acerca de los principios generales de la Interacción Persona-Ordenador aplicados a cualquier tipo de sistema. El segundo capítulo presenta la investigación en Interacción aplicada a sistemas de educación a distancia, presentando las bases metodológicas de gestión de la interacción desarrolladas específicamente para educación.

La Interacción Persona-Ordenador es un campo muy amplio con un desarrollo menor en el ámbito educativo, el cual es el objeto de este trabajo. Por ello se propone esta estructura en dos capítulos; de forma que se presentan primero los principios de Interacción aplicables a cualquier sistema, y en particular a educación y, después se presentan los principios de interacción desarrollados específicamente para educación.

Capítulo 2

Interacción Persona-Ordenador

En este capítulo se presentan las bases de la Interacción Persona-Ordenador con el fin de proporcionar el marco necesario para la comprensión de la interacción en el ámbito de los sistemas informáticos para educación.

El primer apartado de este capítulo se centra en proporcionar una introducción al campo de la Interacción Persona-Ordenador motivando la necesidad de su existencia. A continuación, se presentan los factores principales que afectan al diseño de la interacción. Después, se presentan los principios o reglas para diseño de la interacción, con especial hincapié en aquellos relativos a la facilidad de uso. Por último, se indicarán los métodos que pueden utilizarse para evaluar la interacción de un sistema.

2.1 Introducción

Como se ha comentado en el capítulo anterior, no hay una única definición para el campo de investigación en Interacción Persona-Ordenador (IPO). Tufte (1989) proporcionó una de las primeras definiciones, resaltando que el objetivo de este campo es mejorar la comunicación entre humanos y ordenadores, ambos potentes procesadores de información, pero limitados por una interfaz que les separa.

Posteriormente, Preece (1994) resaltó los aspectos más técnicos de la Interacción Persona-Ordenador, centrando la necesidad de esta disciplina en acciones concretas: diseñar, evaluar e implementar sistemas informáticos interactivos para el uso de humanos. Esta definición es también parecida a la proporcionada por Dix *et al.* (2003): *“La Interacción Persona-Ordenador involucra el diseño, implementación y evaluación de sistemas interactivos en el contexto de trabajo y tareas de los usuarios”*.

La necesidad de gestionar correctamente la interacción entre las personas y los ordenadores se hace más patente a medida que el uso de estos últimos se extiende entre la población. De hecho, la rigidez de procesamiento de los ordenadores y la variabilidad de reacciones de los humanos pueden volverse incompatibles si no se

ponen medios para compaginarlos. En especial, si no se usan metodologías que guíen a los diseñadores de sistemas informáticos para que las aplicaciones puedan ser utilizadas sin necesidad de poseer conocimientos técnicos específicos.

2.2 Factores del diseño de la interacción

Podemos identificar dos tipos de factores (Hassan-Montero, 2006) que afectan al diseño de las aplicaciones web en relación a la satisfacción-frustración de los usuarios al interactuar con las mismas. Estos factores son los siguientes:

- **Factores higiénicos u objetivos:** son aquellos factores que pasan desapercibidos para el usuario, pero que impiden la desmotivación del mismo. Son factores que pueden ser evaluados objetivamente, como por ejemplo, la funcionalidad de un sistema.
- **Factores motivadores o subjetivos:** son aquellos factores que son percibidos directamente por el usuario y provocan intención de uso y satisfacción. La evaluación de estos factores generalmente atiende a criterios subjetivos, ya que dependen de la experiencia particular de cada usuario.

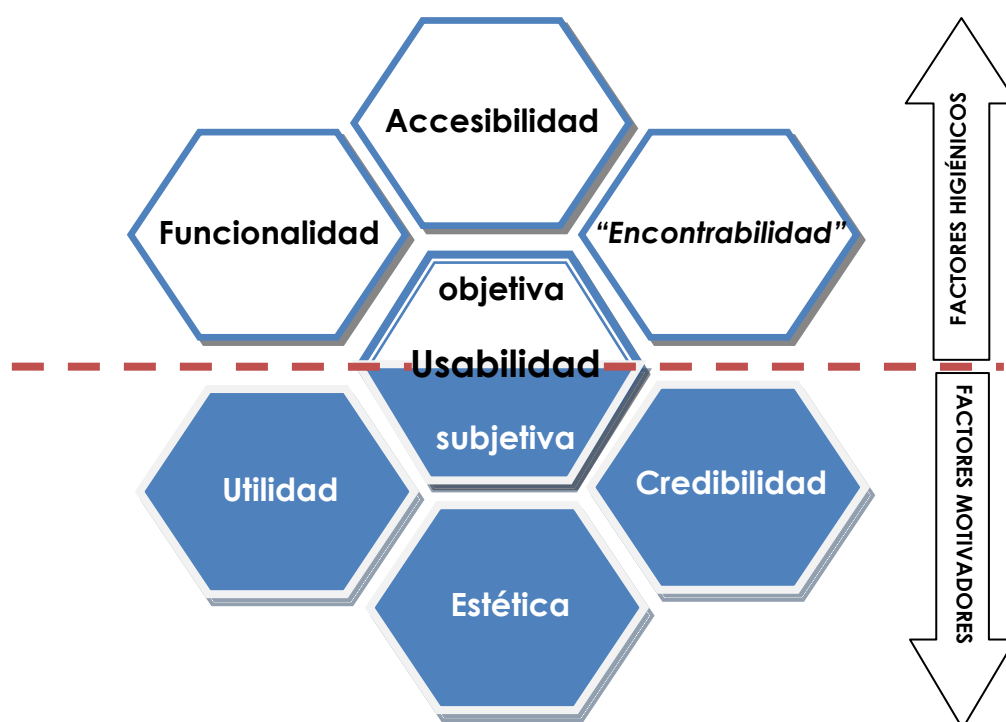


Figura 2-1 Factores de diseño de la interacción [Fuente:Hassan-Montero, 2006]

En la Figura 2-1 se recogen los factores principales de diseño de la interacción. En concreto, se puede observar que los factores higiénicos identificados son

accesibilidad, funcionalidad y o «encontrabilidad» (capacidad de encontrar información), mientras que los motivadores son: utilidad, cualidad estética y credibilidad. La usabilidad, en cambio, se considera un factor tanto higiénico como motivador debido a su doble dimensión (objetiva y subjetiva) y porque cumple una función de factor vertebral relacionando el resto de factores de diseño.

En los siguientes subapartados se realiza una definición de estos factores y se explica su relación con el factor usabilidad. Es importante observar que en este apartado solo se explicarán los factores; la discusión de los principios o reglas que se utilizan para implantarlos se realizará en el Apartado 2.3.

2.2.1 Usabilidad

La palabra usabilidad se refiere a la facilidad de uso de una determinada aplicación. La Organización Internacional de Estandarización (ISO, 1998) define usabilidad como el grado de eficacia, eficiencia y satisfacción con que usuarios específicos pueden alcanzar objetivos específicos en contextos de uso determinados.

Como se ha identificado en la Figura 2-1, se puede hablar de dos tipos de usabilidad (Kurosu & Kashimura, 1995; Hornbæk & Frøkjær, 2008):

- **Usabilidad objetiva** o inherente, que puede ser medida por observación del usuario al realizar tareas de interacción (eficiencia y eficacia).
- **Usabilidad subjetiva** o aparente, que se puede evaluar preguntando al usuario una vez finalizadas dichas tareas (midiendo la satisfacción de uso).

La usabilidad tiene un papel muy relevante en el diseño de aplicaciones ya que cumple una función vertebral con respecto al resto de factores, interrelacionándolos y, a veces, incluso incluyéndolos (como ocurre en algunas ocasiones con la accesibilidad, que en ocasiones se considera parte de la usabilidad (Henry, 2002)). Este factor se discutirá en mayor detalle en el Apartado 2.3.1, donde se realiza una discusión de los principios de diseño de usabilidad.

2.2.2 Accesibilidad

La accesibilidad es un atributo de calidad de las aplicaciones web que se refiere a la capacidad de dichas aplicaciones de poder ser accedidas independientemente de las limitaciones de cada individuo o del entorno físico o social del mismo (Caldwell *et al.*, 2008).

La accesibilidad y la usabilidad están estrechamente relacionadas, hasta tal punto que la primera puede ser considerada incluida en la segunda (Henry, 2002).

El desarrollo de principios de accesibilidad ha tenido un gran impulso por el W3C (WWW Consortium), a través de su "Iniciativa de Accesibilidad Web" (W3C, 1994). De hecho se han desarrollado guías de accesibilidad y herramientas que permiten verificar la accesibilidad de un sitio web de acuerdo a la especificación de dichas guías. Actualmente las guías de accesibilidad propuestas por el W3C son: *Web Content Accessibility Guidelines 2.0* ([WCAG](#)) (Caldwell et al., 2008), *Authoring Tool Accessibility Guidelines 1.0* ([ATAG](#)) (Treviranus et al., 2000), y *User Agent Accessibility Guidelines 2.0* ([UAAG](#)) (Allan et al., 2009).

2.2.3 Funcionalidad

La funcionalidad se refiere al correcto funcionamiento de un sitio web desde el punto de vista técnico.

Este factor afecta a la usabilidad de un sitio web, ya que si un sistema web funciona incorrectamente no resultará de utilidad para el usuario. De hecho, la interrelación entre funcionalidad y usabilidad es tal, que un fallo de la funcionalidad puede ser interpretado por el usuario como un fallo de la usabilidad y viceversa. A este respecto, uno de los ejemplos más conocidos es el de los "enlaces rotos", que suele percibirse como una carencia de usabilidad (Nielsen, 1994), más que como un fallo de la funcionalidad.

Esta interrelación entre funcionalidad y usabilidad tiene como consecuencia que aparezcan principios de diseño de usabilidad en los que se haga referencia a "evitar fallos funcionales".

Por otro lado, el factor higiénico "funcionalidad" tiene una estrecha relación con el factor motivador "utilidad". Podemos decir a este respecto, tal como lo definieron Dillon & Morris (1999) que la funcionalidad es la utilidad objetiva, esto es, la capacidad que tiene una aplicación para soportar, desde el punto de vista técnico, que un usuario realice las tareas que desea realizar.

2.2.4 "Encontrabilidad"

La "encontrabilidad" o "findability" se puede definir como "la medida de la capacidad del usuario para encontrar la información buscada en un tiempo razonable" (Hassan-Moreno, 2006; Lautenbach et al., 1999).

Este factor dependerá de la corrección de la arquitectura de la información del sistema, que influirá en la capacidad que tenga un determinado usuario de encontrar una determinada información (Rosenfeld & Morville, 2002; Allen & Boynton, 1991). A este respecto, se necesitará una adecuada estructuración, descripción y clasificación de los contenidos, proporcionando facilidades para encontrar los mismos o realizar búsquedas de éstos, de lo contrario, la usabilidad objetiva de estos sistemas y, por lo tanto, la interacción con ellos se verá afectada negativamente (Gullikson *et al.*, 1999).

2.2.5 Estética

La estética de los diseños de sitios web es una cualidad referente a la apariencia bella, atractiva o placentera de los mismos, que está relacionado con un diseño web que resulte agradable para los sentidos o para nuestro entendimiento (Hassenzahl, 2004).

La estética de un sitio web influye en la percepción de usabilidad que adquiere un usuario por interacción con un sitio web. Así, sitios web con una estética pobre o poco elaborada tienden a ser percibidos como menos usables que otros sitios con una estética más elaborada, pero de similar funcionalidad. De hecho, hay estudios que demuestran la existencia de una correlación entre estética y usabilidad subjetiva (Kurosu & Kashimura, 1995; Lavie & Tractinsky, 2004).

La estética de un sitio web es el factor que primero percibe el usuario. Por ello, la estética junto con la accesibilidad son los factores que de forma más inmediata condicionan el uso, motivándolo y posibilitándolo, respectivamente.

2.2.6 Utilidad

La utilidad es la capacidad de un sitio web de satisfacer las necesidades del usuario en lo que respecta al provecho y beneficio que obtiene del mismo y el interés que le produce. La utilidad así entendida es una relación afectiva del usuario con el sitio web. De hecho, esta definición excluye la utilidad objetiva o técnica al quedar incluida en la definición de funcionalidad, como se comentó anteriormente.

La importancia de la utilidad en el contexto del diseño de la interacción se encuentra también en relación con la usabilidad. La utilidad de un sistema depende en gran medida del grado de usabilidad que éste posea. De hecho, Dillon y Morris (1999) afirman que la usabilidad representa el grado en que el usuario puede explotar la utilidad del sitio web. Además, existen evidencias empíricas que relacionan la usabilidad con la percepción que tiene el usuario de la utilidad de un sistema (Zhang & Li, 2005; Calisir & Calisir, 2004).

2.2.7 Credibilidad

La credibilidad es la capacidad que tiene un sitio web de ser creíble o, dicho de otro modo, de ser capaz de generar confianza en los usuarios.

Fogg *et al.* (2001) realizaron un estudio acerca de la credibilidad web e identificaron dos elementos claves de la misma: la fiabilidad y la profesionalidad.

Hay autores afirman que la credibilidad en sí no es un factor completamente de diseño (Hassan-Montero, 2006), en el sentido de que se trata más bien de proporcionar los elementos necesarios para proyectar confianza en los usuarios acerca del sitio web. A este respecto, Wang y Emurian (2005) identificaron los principales factores de diseño que inducen confianza, entre los que se encuentran la usabilidad percibida y el diseño gráfico del sitio.

Por otra parte, Fogg *et al.* (2001) concluyen que la usabilidad percibida es uno de los factores que incrementa en mayor medida la credibilidad percibida.

2.3 Principios de Diseño de la Interacción

En el apartado anterior se han expuesto los factores principales que afectan a la interacción de sitios web. Estos factores se pueden relacionar con un conjunto de reglas o principios que sirvan para su aplicación. De hecho, desde que comenzó la investigación en Interacción Persona-Ordenador varios investigadores han enunciado diversos principios de diseño de la interacción.

Una de las primeras formulaciones de principios para interacción es la correspondiente a Shneiderman (1986), quien proporcionó las siguientes ocho "reglas doradas" para el diseño de interfaces:

1. Sé consistente.
2. Permite el uso de atajos a las operaciones más frecuentes
3. Ofrece retroalimentación informativa.
4. Diseña asistentes para operaciones complejas.
5. Proporciona gestión de errores simples.
6. Permite deshacer acciones.
7. Proporciona control completo al usuario sobre la aplicación.
8. Reduce la carga cognitiva de memoria a corto plazo del usuario.

Estas reglas han sido ampliadas en años subsiguientes por diversos autores (Shneiderman, 1992; Dumas & Redish, 1999; Hearst, 2001).

No obstante, si bien estas reglas de diseño de la interacción pueden considerarse lo suficientemente genéricas, el desarrollo más importante de principios para diseño y gestión de la interacción es el relacionado con aquellos principios que proporcionan facilidad de uso o usabilidad a un sitio web. Tal como se comentó en el apartado anterior, la usabilidad es un factor esencial que cumple una función vertebral (Hassan-Montero, 2006; Nielsen, 1993) en el diseño de interfaces, por ello se trata de manera independiente en este documento y se trata en el siguiente subapartado.

2.3.1 Diseño de la Interacción basado en la Usabilidad

La usabilidad es uno de los atributos de la calidad de los programas según el cual se considera que un sistema es "usable" si es fácil de usar y fácil de aprender. A este respecto Preece *et al.* (2002) afirman que: *usabilidad quiere decir centrarse en el usuario; son los usuarios quienes deciden cuándo un producto es fácil de usar; y, si un sistema es usable se disminuye la probabilidad de cometer errores.*

Nielsen & Molich (1990) desarrollaron un conjunto de heurísticas para evaluación específica de la usabilidad, que también sirven para el diseño de interfaces fáciles de usar. Dichas heurísticas han sido revisadas en varias ocasiones desde entonces por Nielsen y sus colaboradores (Nielsen, 1994; Nielsen, 2000; Nielsen & Loranger, 2006), y sirven como referencia para el diseño de interfaces "usables". A continuación se indican los principios de usabilidad enunciados por Nielsen:

- **El estado del sistema debe ser siempre visible:** el sistema debería mantener a los usuarios informados acerca de lo que ocurre por medio de los mecanismos apropiados de información generados en un tiempo razonable.
- **El sistema debe reflejar el mundo real:** el sistema debería usar el lenguaje de los usuarios, en el nivel técnico adecuado a sus conocimientos, y siguiendo convenciones aceptadas del mundo real siguiendo un orden lógico y natural.
- **El usuario debe tener control y libertad de uso:** los usuarios deben sentir que pueden acceder a cualquier función del programa sin peligro de que sus acciones puedan, o no, tener vuelta atrás. Esto es, el programa debe incluir opciones para deshacer y rehacer tareas previas.

- **Se debe mantener la consistencia y adecuarse a los estándares:** el sistema debe adecuarse a estándares y convenciones preestablecidas por otros sistemas. Por ejemplo, la definición de los menús deben seguir ciertos patrones existentes para que los usuarios sepan qué pueden encontrar en cada submenú.
- **Se deben prevenir los errores:** hay que realizar un diseño cuidadoso en el que, más que presentar buenos mensajes de error al usuario, se evite que éste cometa errores. Esto puede hacerse eliminando condiciones que sean propensas a error o, también, pidiendo confirmación de aquellas que puedan potencialmente incurrir en uno.
- **Se debe ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores ocurridos:** los mensajes de error deben expresarse en lenguaje natural, sin código extraños, e indicando explícitamente, y de una forma constructiva, cuál ha sido el problema y su posible solución.
- **Se debe promover el reconocimiento de elementos más que su recuerdo:** la interfaz debería ser lo suficientemente intuitiva y explicativa en sí misma, de forma que el usuario pueda reconocer fácilmente los objetos, acciones u opciones visibles, sin tener que recordarlos activamente de un uso a otro o de una parte a otra de la interfaz.
- **El uso del sistema debe ser flexible y eficiente:** a los usuarios expertos se les debe facilitar la interacción con los elementos que utilizan con mayor frecuencia mediante el uso de atajos u otros elementos que agilicen la comunicación con el sistema.
- **El diseño debe ser estético y minimalista:** el diálogo entre un usuario y el computador debe prescindir de aquellos elementos que no sean relevantes o que se necesiten esporádicamente.
- **Se debe proporcionar ayuda y documentación:** el sistema debe acompañarse de ayuda contextual y documentación, que permita al usuario encontrar aquello de lo que tiene alguna duda o consulta sin necesidad de tener que acceder grandes textos ambiguos y, en su lugar, proporcionando listados de los pasos que debe realizar el usuario para completar la tarea consultada.

2.4 Métodos de Evaluación de la Interacción

Realizar una evaluación de la capacidad interactiva, y en especial de la usabilidad de una aplicación informática, es muy importante para reducir costes de uso, producción, mantenimiento y apoyo y, en general, para mejorar la calidad de una aplicación.

Para evaluar la facilidad de interacción de una aplicación se pueden distinguir tres métodos principales (Ivory & Hearst, 2001; Hom, 1998): inspección, indagación y test. Cada uno de estos métodos de evaluación puede realizarse atendiendo a varias técnicas, que pueden usarse aisladamente, y con la atención de un único experto. No obstante, hay que tener en cuenta lo que se ha llamado el "efecto evaluador", esto es, que para que una evaluación sea realmente efectiva no puede basarse únicamente en la opinión de un evaluador, sino en la de un grupo de expertos, ya que se ha probado que las opiniones de varios evaluadores pueden diferir en gran medida (Hornbaek & Frøkjær, 2008).

En los siguientes apartados se describen cada uno de los métodos de evaluación identificados.

2.4.1 Inspección

La inspección consiste en el examen de la interacción o usabilidad de un sistema informático por parte de un conjunto de uno o más evaluadores (Nielsen & Mack, 1994). Según cómo se realice este examen, se pueden distinguir tres métodos de inspección: evaluación heurística, recorridos cognitivos y verificación de estándares.

La **evaluación heurística** es una inspección sistemática del diseño de la interfaz de usuario de un sistema realizado por un conjunto de evaluadores que determinan la conformidad de dicha interfaz a un conjunto de principios de interacción reconocidos (que sirven como "heurísticas"). Esta evaluación consta de los siguientes pasos:

1. Se informa al grupo de expertos sobre el dominio de la aplicación, el modo de funcionamiento del sistema y, también, se les entrena en sus funciones principales.
2. El grupo de expertos revisa el sistema de forma independiente según su experiencia previa, o usando guías de principios (como, por ejemplo, las heurísticas de Molich y Nielsen (1990), que se introdujeron en el Apartado 2.3.1).

3. El grupo de expertos se reúne, pone en común sus notas, y elabora un informe con los problemas de interacción identificados, aportando sugerencias para solucionarlos (por ejemplo, proponiendo el uso de diseños alternativos).
4. El grupo de expertos entrega el informe al equipo de desarrollo de la aplicación informática, que aplicara los cambios sopesando la importancia y coste de corregir cada problema identificado.

El **recorrido cognitivo** se centra en evaluar la facilidad de aprendizaje del sistema por exploración del mismo. Sus pasos son:

1. Se proporciona un prototipo del sistema informático a los expertos sin realizar una explicación previa.
2. Los expertos exploran el prototipo para aprender a usarlo en el contexto de una o más tareas.
3. Los expertos evalúan la propuesta del prototipo en base a la exploración realizada.

El último método se puede realizar con o sin expertos. Su característica principal es evaluar que el sistema cumple los requisitos establecidos en **estándares**, que pueden ser de *jure* (generados específicamente por un comité para tal efecto) o de *facto* (establecidos tácitamente por el uso extensivo de productos de la industria o de desarrollos académicos).

2.4.2 Indagación

La indagación consiste en la investigación, por parte de un evaluador o un grupo de evaluadores, del uso que realizan los usuarios de un sistema por medio de preguntas (escritas u orales) o por medio de la observación directa o indirecta de su uso (Ivory & Hearst, 2001). Según como se realice este proceso, se pueden distinguir cinco métodos principales de indagación: observación de campo, grupo de discusión dirigido (*focus group*), registro de uso (*logging*), entrevistas y cuestionarios.

La **observación de campo** se realiza mediante el estudio de un conjunto de usuarios representativos en su puesto de trabajo. Involucra dos partes complementarias: la observación de la actividad de los usuarios y, opcionalmente, una entrevista con éstos últimos.

El **grupo de discusión dirigido** es una técnica de recolección de datos donde se reúnen varias personas para discutir aspectos relacionados con el sistema. Suele haber

un moderador (un evaluador experto) que es quien organiza el grupo, prepara la lista de aspectos a discutir y recoge la información de la discusión. Este método es especialmente útil para capturar reacciones espontáneas e ideas de los usuarios.

El **registro de uso** o *logging* consiste en que el propio sistema informático tiene un módulo que va registrando automáticamente estadísticas sobre su uso. Es útil para saber cómo distintos usuarios realizan su trabajo real con el sistema. Este método se aplica en la fase de lanzamiento del producto.

Los dos últimas técnicas de indagación, las entrevistas y los cuestionarios son técnicas de interrogación, que si bien son útiles para tener información de primera mano sobre las opiniones de los usuarios, tienen el inconveniente de ser subjetivas y proporcionar menos alternativas de solución a los posibles problemas que se detecten.

La **entrevista** realizada a los usuarios es una técnica directa y potente para adquirir información respecto a su experiencia con el sistema interactivo. Se pueden distinguir dos tipos de entrevistas: la entrevista estructurada (existe un guión previo con los puntos a tratar) o la entrevista abierta (no se sigue un guión preestablecido, aunque se conoce el tema de la entrevista a priori).

El **cuestionario** consiste en una lista conocida de preguntas que el evaluador distribuye entre los usuarios y/o el resto de implicados de un sistema para que éstos las contesten. Es menos flexible que la entrevista, pero puede llegar a un grupo más numeroso y se puede analizar con más rigor.

2.4.3 Test

Los test presentan al usuario un conjunto de tareas, pidiéndole que las realice; mientras tanto el evaluador recopila información acerca de las acciones y comentarios del usuario para un análisis posterior (Dumas & Redish, 1999). Hay cuatro métodos o técnicas principales que se pueden aplicar a la hora de realizar el test: pensamiento en voz alta, interacción constructiva, método del conductor y medida de las prestaciones.

El método de **pensamiento en voz alta** consiste en pedir al usuario que vaya expresando en voz alta y libremente sus pensamientos, sentimientos y opiniones sobre cualquier aspecto del sistema mientras que interacciona con él.

La **interacción constructiva** es similar al método anterior. En este caso, dos personas interactúan verbalizando sus pensamientos en voz alta. Este cambio se debe a que resulta más natural para el usuario expresar sus pensamientos contándoselo a

otra persona. Sin embargo, tiene la desventaja de que se introduce la interacción también entre los dos usuarios.

El **método del conductor** se llama así porque en este caso el evaluador conduce al usuario en la dirección correcta mientras que usa el sistema para superar el test. En cualquier momento, el usuario puede preguntar sus dudas al evaluador-conductor, que debe responderlas. El objetivo es descubrir las necesidades de información de los usuarios, especialmente los más novatos, de tal manera que se proporcione un mejor entrenamiento y documentación, al mismo tiempo que un posible rediseño de la interfaz para evitar la necesidad de preguntas.

Por último, la **medida de las prestaciones** consiste en tomar medidas tanto objetivas (de rendimiento) como subjetivas mientras que los usuarios están realizando las tareas para superar el test. Ejemplos de medidas de rendimiento son las medidas cuantitativas como contar personas, contar cuántos errores se cometen, etc. Por otra parte las medidas subjetivas pueden ser cuantitativas o cualitativas, como, por ejemplo, tomar nota de las reflexiones, percepciones, preferencias o comentarios espontáneos de los usuarios.

Capítulo 3

Interacción en sistemas de educación a distancia

En el capítulo anterior se trató el conjunto de principios y elementos que intervienen en los sistemas informáticos en general. Este capítulo, en cambio, muestra cómo la teoría y los métodos que se han desarrollado a lo largo del tiempo en el campo de la Interacción Persona-Ordenador han sido aplicados por los investigadores en educación. Es importante destacar aquí que muchos de los principios que se han visto en el capítulo anterior no han sido todavía aplicados en el ámbito educativo y que no existe un área como tal dentro de la Interacción Persona-Ordenador dedicada específicamente a su aplicación a educación.

En concreto, se estudiarán los principios de diseño de interacción más destacados que han sido propuestos para gestionar la interactividad en sistemas de educación a distancia.

3.1 Introducción

Se ha estudiado la existencia de una relación positiva entre interacción y aprendizaje para los entornos de enseñanza tradicionales (Powers & Rossman, 1985; Menzel & Carrell, 1999). En los sistemas de educación en línea también la interacción parece ser un elemento clave para aumentar la efectividad del curso y del proceso educativo (Rovai & Barnum, 2003; Wenger, 2001; Sims, 1999; Jonassen, 1991; Dewey, 1916).

De hecho, según el modelo social constructivista de Vygotsky (1978) si un curso facilita la interacción, entonces se produce un aprendizaje activo en el que los estudiantes pueden ir construyendo su propio aprendizaje y afianzando mejor los contenidos del curso. Esta se puede considerar una de las razones por las que la interactividad es un tema clave en el diseño de los cursos de educación a distancia (Chou, 2003), e incluso para algunos investigadores ser más importante que el propio contenido del curso (Drave, 2000).

Moore distinguió tres tipos de relaciones de interacción en los cursos de educación a distancia en línea: estudiante-contenido, estudiante-profesor y estudiante-estudiante (Moore, 1989). Otros investigadores han hecho la distinción entre la interacción del estudiante con el contenido, y la interacción del estudiante con la interfaz del sistema informático educativo (Hillman *et al.*, 1994).

En todo caso, hay que tener en cuenta que la interacción debe ser intencionalmente incorporada en el diseño del sistema informático puesto que en caso contrario no será manejada correctamente (Berge, 1999). Sin embargo, no hay muchos investigadores que hayan ofrecido guías específicas de diseño de la interactividad en sistemas de educación a distancia en línea (Chou, 2003).

3.2 La receta de la interactividad de Borsook y Higginbotham-Wheat

Borsook y Higginbotham-Wheat (1991) creían que la capacidad de interacción de los sistemas informáticos tenía un gran potencial para mejorar la educación a distancia si se seguían los ingredientes de la receta que ellos proponían para los diseñadores de programas informáticos educativos ("cocineros" en su nomenclatura):

Ingrediente 1. Retroalimentación inmediata aprovechando la capacidad del sistema informático de procesar automáticamente las peticiones de los usuarios y gestionaras.

Ingrediente 2. Acceso no secuencial a la información.

Ingrediente 3. Información adaptada a las características del usuario.

Ingrediente 4. Opciones variadas para los usuarios.

Ingrediente 5. Canales de comunicación bidireccional.

Ingrediente 6. Turnos de comunicación de duración adecuada.

La definición de estos ingredientes fue realizada de forma genérica por los autores para que pudieran ser aplicados según el caso específico de cada sistema. Por lo tanto, los autores no proporcionaron una mayor explicación de los mismos aparte de su enunciado.

Además, según los autores de esta "receta", no es necesario que se pongan en práctica todos los ingredientes para conseguir un sistema exitoso de interacción y, en

todo caso, los ingredientes se pueden combinar en diferentes "cantidades" según las necesidades educativas específicas de cada caso.

3.3 El marco de trabajo de Chou

El marco de trabajo de Chou (2003) se basa en los cuatro tipos de interacción identificados por Moore (1989) y Hillman *et al.* (1994), para los que Chou identificó nueve dimensiones de la interacción, que se recogen en la Tabla 3-1, así como una serie de funciones interactivas relacionadas con las citadas dimensiones, que se recogen en la Tabla 3-2 y en la Tabla 3-3. Estas tablas se presentan solo a modo de resumen para proporcionar una visión completa del marco de trabajo propuesto por Chou, pero no se describirán en detalle.

Tabla 3-1 Dimensiones de la interacción. [Fuente: Chou, 2003]

Dimensión de Interactividad	Definición
1. Opción	La cantidad y tipo multimedia de información a la cual tienen acceso los usuarios. También abarca las opciones sin información que los usuarios pueden elegir.
2. Acceso no secuencial de opciones	El hecho de que los usuarios puedan acceder a la información de una forma no lineal.
3. Grado de respuesta al estudiante	Respuestas del sistema a la petición de un usuario de una forma no retardada.
4. Monitorización del uso de la información	El sistema puede registrar información de los usuarios, sus elecciones, su uso de información, etc. Los usuarios pueden monitorizar información con respecto a ellos.
5. Ayudante de la Elección Personal	La información ayuda al estudiante a realizar una mejor elección del contenido instructivo.
6. Adaptabilidad	El proceso de interacción y el intercambio de información se adaptan al individuo.
7. Jugabilidad	La información ayuda a despertar la curiosidad del estudiante y a entretenerle.
8. Facilitación de la comunicación interpersonal	Diferentes usuarios pueden comunicarse entre sí asincróna o sincronamente.
9. Facilidad de adición de información	Los usuarios pueden añadir información al sistema, contenido, etc.

Tabla 3-2 Marco de trabajo para los tipos de interacción, dimensiones interactivas y funciones interactivas en sistemas Web de aprendizaje según Chou (2003)

Tipos de Interacción	Dimensiones de Interactividad	Funciones Interactivas en sistemas Web de aprendizaje
Estudiante-Interfaz	<ul style="list-style-type: none"> • Opción • Acceso no-secuencial de opciones • Grado de respuesta al usuario • Monitorización del uso de la información 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño (con menú) de marco fijo 2. Mapa del sitio 3. Búsqueda de palabras clave 4. Búsqueda en base de datos 5. Diagnóstico en línea de problemas 6. Descarga de programas informáticos 7. Registro en línea 8. Seguimiento del estado del curso 9. Seguimiento del cumplimiento de la asignación
Estudiante-Contenido	<ul style="list-style-type: none"> • Opción • Acceso no-secuencial de opciones • Grado de respuesta al usuario • Adaptabilidad • Ayudante de la elección personal • Facilidad de adición de información • Jugabilidad 	<ol style="list-style-type: none"> 10. Enlaces a los sitios educativos relacionados 11. Enlaces a los materiales educativos relacionados 12. Presentación multimedia (texto, gráficos, animación, audio, etc.) 13. Examen en línea para autoevaluación 14. Listas de distribución 15. Base de datos de aprendizaje individualizada 16. Instrucción individualizada 17. Test/examen individualizado 18. Preguntas frecuentemente realizadas (FAQ) 19. Ayuda en línea acerca del contenido 20. Guía para el usuario acerca del sistema 21. Guía de estudio 22. Que el estudiante contribuya a los materiales de aprendizaje 23. Juegos educativos 24. Chistes 25. Retos con premio (sweepstake)
Estudiante-Instructor	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitación de la comunicación interpersonal • Facilidad de adición de información 	<ol style="list-style-type: none"> 26. Email al instructor 27. Email al administrador de la web 28. Sistemas de tablón de anuncios 29. Salas de chat 30. Voto en línea 31. Encuesta en línea 32. Comentarios acerca de los sitios, cursos, instructores,...
Estudiante-Estudiante	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitación de la comunicación interpersonal • Facilidad de adición de información 	<ol style="list-style-type: none"> 33. Lista de clase 34. Email a otros estudiantes 35. Sistemas de tablón de anuncios 36. Salas de chat

Tabla 3-3 Tipos de interacción, funciones interactivas y su definición según Chou (2003)

Tipos de Interacción	Funciones Interactivas en sistemas Web de aprendizaje	Definición y/o ejemplos
Estudiante-Interfaz	1. Diseño (con menú) de marco fijo	Los estudiantes tienen una lista de elementos de menú desde los que pueden elegir el contenido y las funciones del sistema para navegar a través del mismo. Es similar a presentar una tabla lateral de contenidos permanentemente.
	2. Mapa del sitio	Los estudiantes pueden usar esta función para buscar la información que necesiten dentro del sistema de educación
	3. Búsqueda de palabras clave	Los estudiantes pueden buscar términos/palabras particulares en el sistema Web introduciendo palabras clave
	4. Búsqueda en base de datos	Los estudiantes pueden buscar contenidos particulares almacenados en una base de datos conectada a sus sistemas de aprendizaje
	5. Diagnóstico en línea de problemas	Los estudiantes pueden informar acerca de su problema y que esta información les ayude a localizar el problema exactamente. Por ejemplo, los estudiantes informan que no pueden acceder a una base de datos particular, y el sistema diagnostica que tienen que cerrar el proxy primero.
	6. Descarga de programas	Los estudiantes pueden descargar (gratis o pagando) programas desde un sistema de propósitos educativos
	7. Registro en línea	Los estudiantes tienen que registrarse en los sistemas de aprendizaje o los cursos en línea para ser miembros de una comunidad educativa (de una clase)
	8. Seguimiento del estado del curso	Los estudiantes pueden realizar un seguimiento de su estado dentro de los puntos del curso o de su estado relativo en la clase
	9. Seguimiento del cumplimiento de la asignación	Los estudiantes pueden realizar un seguimiento de sus registros de las tareas asignadas tanto completas como incompletas.
Estudiante-Contenido	10. Enlaces a los sitios educativos relacionados	Los estudiantes pueden navegar a otros sitios que contengan información relacionada
	11. Enlaces a los materiales educativos relacionados	Los estudiantes pueden navegar a páginas web particulares de otros sitios que contengan información relacionada
	12. Presentación multimedia (texto, gráficos, animación, audio, etc.)	Los estudiantes pueden acceder a la presentación de texto, gráficos, animaciones, audio, vídeo, etc. También cubre las películas Quicktime, los vídeos en streaming, etc.
	13. Examen en línea para autoevaluación	Los estudiantes pueden acceder elementos de examen en línea con/sin retroalimentación para evaluar la efectividad de su aprendizaje.
	14. Listas de distribución	Los estudiantes eligen participar y recibir información directamente a sus cuentas en línea de forma regular
	15. Base de datos de aprendizaje individualizada	Los estudiantes pueden acceder individualmente a bases de datos de aprendizaje que estén adaptadas para sus necesidades
	16. Instrucción individualizada	Cada estudiante puede acceder individualmente a materiales de instrucción especialmente preparados para sus necesidades
	17. Test/examen individualizado	Cada estudiante puede acceder individualmente elementos de test o examen.
	18. Preguntas frecuentemente realizadas (FAQ)	Los estudiantes pueden acceder a una sección de FAQ dentro de los sistemas para mirar las preguntas y respuestas. Por ejemplo, el formato requerido de su tarea asignada

Tipos de Interacción	Funciones Interactivas en sistemas Web de aprendizaje	Definición y/o ejemplos
	19. Ayuda en línea para el contenido	Los estudiantes pueden reportar sus preguntas acerca del contenido y recibir ayuda en línea inmediata
	20. Guía para el usuario acerca del sistema	Los estudiantes pueden recibir guía acerca de cómo usar el sistema.
	21. Guía de estudio	Los estudiantes pueden recibir información guiada del progreso de su estudio.
	22. Que el estudiante contribuya a los materiales de aprendizaje	Un mecanismo que permita a los estudiantes contribuir a los materiales de aprendizaje. Por ejemplo, los estudiantes pueden proporcionar sistemas web relacionados que contengan información útil para el curso
	23. Juegos educativos	Los estudiantes pueden jugar con juegos en línea que pueden o no estar directamente relacionados con la instrucción
	24. Chistes	Los estudiantes pueden tener acceso a algunos chistes proporcionados por el diseñador del sistema o el instructor. Los chistes pueden o no estar directamente relacionados con el contenido de instrucción.
	25. Retos con premio (sweepstake)	Eventos que sirven para atraer estudiantes y animar la participación de los mismos por medio de incentivos especiales. Por ejemplo, se da un premio al primer estudiante que solucione el problema.
Estudiante-Instructor	26. Email a los instructores	Los estudiantes pueden escribir un email a sus instructores y/o a sus compañeros
	27. Email al administrador de la web	Los estudiantes pueden escribir un email al administrador o diseñador de los sistemas
	28. Sistemas de tablón de anuncios	Un tablón de anuncios integrado en el sistema que permita a los instructores y estudiantes dejar información
	29. Salas de chat	Una sala de chat integrada que permita a los instructores y estudiantes hablar sincرونamente
	30. Voto en línea	Una función que permita a los estudiantes y/o instructores votar asuntos relacionados con el aprendizaje
	31. Encuesta en línea	Encuesta electrónica para estudiantes e instructores para solicitar sus opiniones
	32. Comentarios acerca de los sitios, cursos, instructores,...	Los estudiantes pueden rellenar formularios electrónicos para expresar sus opiniones acerca del curso, los sistemas y los instructores.
Estudiante-Estudiante	33. Lista de clase	Una lista de estudiantes en los cursos o sitios
	34. Email a otros estudiantes	Los estudiantes pueden escribir un email a otros estudiantes
	35. Sistemas de tablón de anuncios	Un tablón de anuncios integrado en el sistema que permita a los estudiantes dejar información
	36. Salas de chat	Una sala de chat integrada que permita a los estudiantes hablar sincرونamente

Tabla 3-3 Tipos de interacción, funciones interactivas y su definición según Chou (2003 *(Continuación)*)

El objetivo principal de estas funciones es permitir que los estudiantes accedan a los sistemas de educación a distancia de una forma más sencilla y eficiente. Chou (2003) realizó una evaluación de este marco de trabajo utilizando para ello dos jurados, cada uno formado por 5 expertos: el primer jurado con diseñadores de sistemas de educación web, y el segundo jurado con programadores de sistemas de educación web.

Los expertos del primer jurado evaluaron la necesidad de cada función interactiva, asignándole una de las siguientes categorías ("debe estar la función", "debería estar", "sería bueno que estuviera", "no es necesaria"). Mientras que los expertos del segundo jurado evaluaron la dificultad de programación de cada función como "muy difícil", "difícil", "sin dificultad" o "fácil".

Como se puede comprobar en la Tabla 3-4, ninguno de los diseñadores consideró que hubiera alguna función interactiva redundante. Por el contrario, todos coincidieron en la necesidad de cada una (siendo la interacción basada en juegos educativos la menos valorada). Además, desde el punto de vista de los programadores, ninguna de las funciones fue considerada como muy difícil, exceptuando el diagnóstico en línea de problemas para resolver dificultades en el estudio, especialmente cuando se trata de preguntas-respuestas en lenguaje natural.

Chou considera que la información proporcionada por estos dos jurados podría ayudar a diseñadores de nuevos sistemas de educación a distancia. Incluso, para sistemas que ya están funcionando, sugiere que se podría crear una lista de control para comprobar qué funciones ya están incorporadas, y cuáles se podrían incorporar según el marco de trabajo para mejorar la interactividad del sistema educativo web y por lo tanto su eficacia.

Finalmente, Chou resalta la necesidad no sólo de aplicar este marco de trabajo que no es más que una propuesta inicial, sino en general de realizar estudios formales de cómo aplicar principios de la Interacción Persona-Ordenador al diseño de sistemas de educación a distancia web para conseguir que sean efectivos y aumentar el nivel de satisfacción de los usuarios.

Tabla 3-4 Nivel de necesidad para instrucción y nivel de dificultad de cada función interactiva evaluada por dos tribunales de expertos

Tipos de Interacción	Funciones Interactivas en sistemas Web de aprendizaje	Nivel de necesidad para Instrucción	Nivel de Dificultad de Programación
Estudiante-Interfaz	Diseño (con menú) de marco fijo	Debe estar	Fácil
	Registro en línea	Debe estar	No difícil
	Seguimiento del estado en el curso	Debe estar	No difícil
	Seguimiento del cumplimiento de la asignación	Debe estar	No difícil
	Búsqueda por palabras clave	Debe estar	Difícil
	Descarga de programas informáticos	Debería estar	Fácil
	Mapa del sitio	Debería estar	No difícil
	Búsqueda en base de datos	Debería estar	No difícil
	Diagnóstico en línea de problemas	Debería estar	Muy difícil
Estudiante-Contenido	Preguntas realizadas frecuentemente	Debe estar	Fácil
	Enlaces a sitios educativos relacionados	Debe estar	Fácil
	Enlaces a materiales de aprendizaje relacionados	Debe estar	Fácil
	Presentación multimedia (texto, gráficos, animación, audio, etc)	Debe estar	No es difícil
	Guía para usuario acerca del sistema	Debe estar	No es difícil
	Examen en línea para autoevaluación	Debería estar	No es difícil
	Listas de distribución	Debería estar	No es difícil
	Ayuda en línea acerca del contenido	Debería estar	No es difícil
	Que el estudiante contribuya a los materiales de aprendizaje	Debería estar	No es difícil
	Base de datos de aprendizaje individualizada	Debería estar	Difícil
	Instrucción individualizada	Debería estar	Difícil
	Test/Examen individualizado	Debería estar	Difícil
	Guía del estudio	Debería estar	Difícil
	Chistes	Sería bueno	Fácil
	Retos con premio (sweepstakes)	Sería bueno	Fácil
	Juegos educativos	Sería bueno	Difícil
Estudiante-Instructor	Email a los instructores	Debe estar	Fácil
	Email al administrador de la web	Debe estar	Fácil
	Sistemas de tablón de anuncios	Debe estar	No es difícil
	Salas de chat	Debe estar	No es difícil
	Comentarios acerca de los sitios, cursos, instructores,...	Debe estar	No es difícil
	Encuesta en línea	Debería estar	No es difícil
	Votación en línea	Sería bueno	No es difícil
Estudiante-Estudiante	Email a otros estudiantes	Debe estar	Fácil
	Sistemas de tablón de anuncios	Debe estar	Fácil
	Salas de chat	Debe estar	No es difícil
	Listas de clase	Debería estar	No es difícil

3.4 La teoría de Anderson

Como se comentó en el Apartado 3.1, la interacción es un componente crítico del proceso educativo. Sin embargo, es complicado encontrar una teoría del papel de la interacción en sistemas de educación vía web (Anderson, 2004).

Se han construido modelos conversacionales de aprendizaje en los que la interacción entre estudiantes y profesores era la base (Laurillard, 1997), o clasificaciones de los tipos de interacción (Moore, 1989), pero es necesaria una teoría formal que identifique claramente cuando una interacción tiene valor educacional (Anderson, 2003).

En primer lugar, se podría discutir si es necesaria la presencia de un profesor para que la interacción tenga valor pedagógico. Resulta evidente que la interacción con el profesor es un componente importante, sin embargo según Anderson no es imprescindible. De esta forma, la interacción estudiante-contenido puede tener tanto valor pedagógico, como la interacción estudiante-estudiante, o estudiante-profesor en un sistema de educación a distancia en línea.

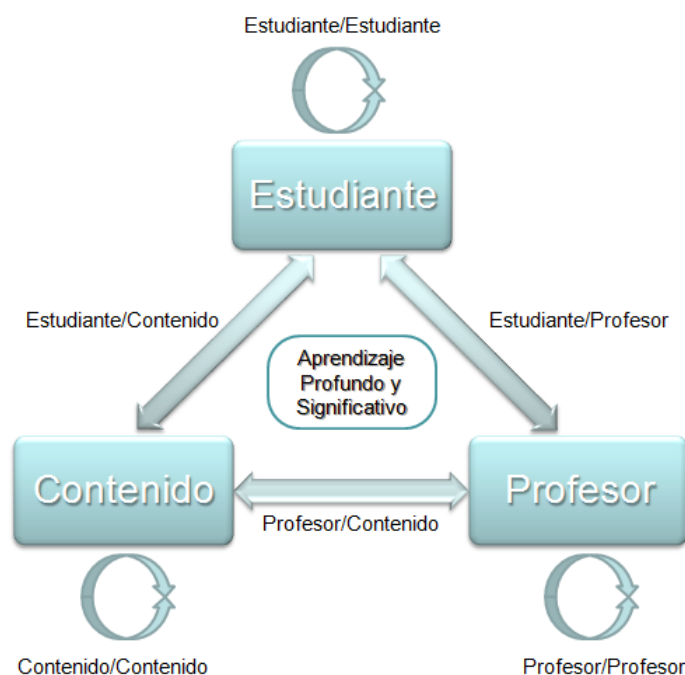


Figura 3-1 Modos de Interacción. [Fuente: Anderson, 2003]

La Figura 3-1 muestra un diagrama que recoge los seis tipos de interacción que según Anderson y Garrison (1998) podrían tener valor pedagógico. Se puede comprobar que partiendo de los tipos de interacción estudiante-estudiante,

estudiante-profesor y estudiante-contenido, se incluyen también interacciones reflexivas profesor-profesor, contenido-contenido y su relación profesor-contenido.

De hecho, según el teorema de la equivalencia de Anderson, estos modos de interacción son en gran medida intercambiables, y no se puede identificar ninguno de ellos como superior al resto. Así, por ejemplo, podría ocurrir que debido al incremento de potencia de los ordenadores, su capacidad de trabajar en red, las interacciones estudiante-profesor y estudiante-estudiante se transformaran en la aparición de más elementos de interacción estudiante-contenido, y que esto no supusiera ninguna pérdida de eficacia educativa.

Respecto a la **interacción relacionada con los estudiantes**, Anderson aconseja a los diseñadores de sistemas de educación vía web proporcionar un alto nivel de interacción de los estudiantes con el contenido, o de la interacción de los estudiantes con los profesores mediante el uso de mecanismos síncronos (ej. una videoconferencia, que requiere que el profesor y el estudiante coincidan en el tiempo), o mecanismos asíncronos (ej. un foro o el correo que no requieren que el profesor y el estudiante coincidan en el tiempo). Anderson también advierte de que si se abusa de la interacción estudiante-profesor mediante estos mecanismos, los profesores se pueden ver desbordados de la gran cantidad de peticiones en línea por parte de los estudiantes, y su expectativa de respuesta inmediata.

Por otro lado, la interacción estudiante-contenido siempre ha sido un componente principal de la educación formal, incluso en la forma de estudio independiente en una biblioteca o la lectura de libros de texto en la enseñanza tradicional. La web también soporta este tipo de lectura pasiva, aunque cuando realmente se pueden aprovechar los valores añadidos de la interacción estudiante-contenido en línea, es mediante la inmersión del estudiante en micro-entornos, ejercicios paso a paso, contenido que cambia según las respuestas de los estudiantes, retroalimentación inmediata y personalizada y en general el uso de modelos de estudiante que orienten su estudio para que sea óptimo (Eklund, 1995).

La **interacción relacionada con profesores** ha sido tradicionalmente tratada de forma separada según las asignaturas. De hecho, en los sistemas de educación a distancia completamente en línea, sin apoyo presencial, se ha intentado suplir reforzando la interacción estudiante-contenido mediante objetos de aprendizaje y una monitorización de las actividades de aprendizaje de los estudiantes por parte de los profesores. En ocasiones, esta monitorización se ha realizado mediante el visionado

de los modelos de estudiante mantenidos por el propio sistema (Dimitrova, 2001; Bull & Nghiem, 2002).

La interacción profesor-profesor es fundamental, especialmente en los niveles universitarios puesto que aprovecha el conocimiento común y proporciona varios puntos de vista, especialmente en contenidos complejos que pueden ser explicados de muchas formas, todas ellas correctas.

La **interacción relacionada con el contenido** al no tener el contenido voluntad propia, a diferencia de la interacción relacionada con humanos (profesores o estudiantes), es una de las más flexibles, que se puede dar en cualquier combinación y cantidad. El coste de creación de los contenidos suele ser alto, y su valor depende en gran medida de hasta qué punto puede captar la motivación y atención de los estudiantes. Además, para que los contenidos sean útiles deben mantenerse actualizados e ir cambiando periódicamente.

La interacción contenido-contenido es necesaria para proporcionar un medio de controlar la corrección del contenido provisto y facilitar su gestión, especialmente cuando el contenido es compartido por un grupo de profesores y estudiantes.

El nivel de interacción en cada modo puede ser distinto, siendo la cantidad “correcta” de cada modo un valor aún no calculado ni estimado (Anderson, 2004). También se distingue lo que se ha denominado como interacción indirecta ya que mientras que se está produciendo una interacción directa, los participantes no activos en esta interacción pueden estar observándola e interactuando con ellos indirectamente (Sutton, 2001; Fulford and Zhang, 1993).

Como resultado de la identificación de estos modos de interacción, se puede llegar a un modelo de la interacción en la educación en línea como el que se muestra en la Figura 3-2. Siendo el objetivo de este modelo instanciar la teoría de los diversos modos de interacción para que los diseñadores pueden tenerlos en cuenta a la hora de crear un curso de educación a distancia en línea efectivo (Anderson, 2003; Anderson, 2004).

Como se puede observar, se pueden distinguir dos actores humanos principales: los profesores y los estudiantes, que son los que marcan las interacciones entre ellos y el contenido. Los estudiantes pueden interactuar de forma directa o indirecta con el contenido, en grupo usando modos de comunicación síncrono o asíncrono como se muestra en la parte izquierda de la figura, o bien de forma aislada como se muestra en la parte derecha de la figura. Aunque realmente el estudiante no se encuentra nunca

completamente sólo, dado el medio en el que se encuentra, ya que al estar en Internet puede recibir apoyo de otras fuentes externas (Potter, 1998).

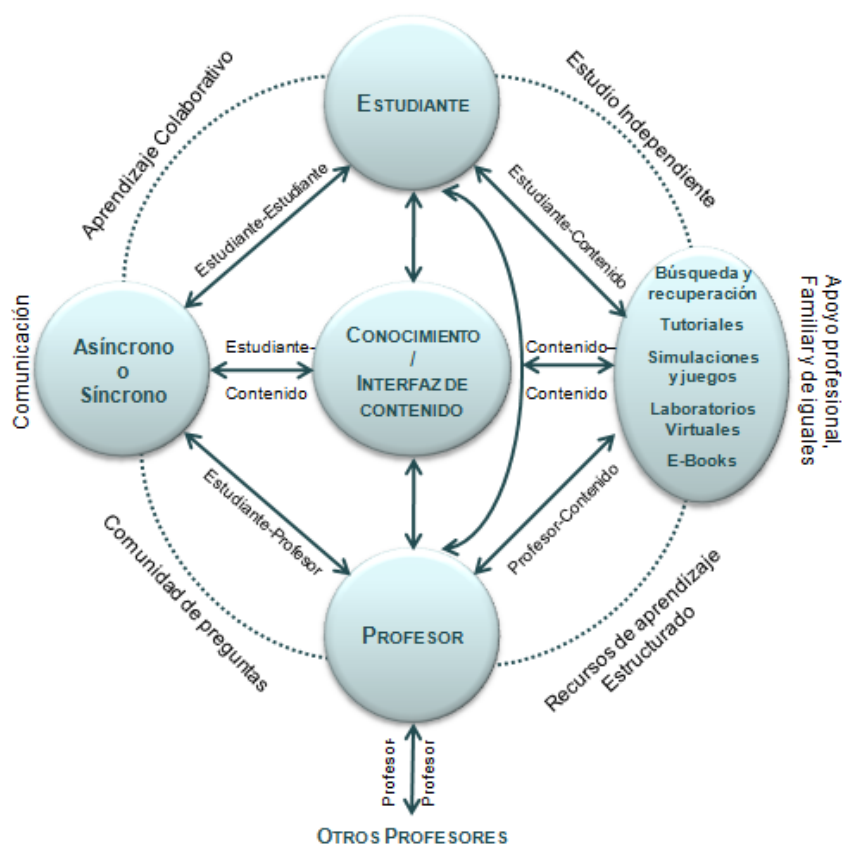


Figura 3-2 Modelo de la interacción en los sistemas de educación a distancia en línea. [Fuente: Anderson, 2003]

3.5 Principios de Interacción Persona-Ordenador en sistemas de educación a distancia en línea

Muchas personas tienen a evitar el uso de sistemas de educación en línea porque creen que no disponen de suficientes conocimientos técnicos y que aprenderlos les supondría demasiado esfuerzo (Li & Akins, 2004). Por ello, es importante que, a la hora de diseñar sistemas de educación a distancia en línea, se apliquen principios de Interacción Persona-Ordenador, de forma que se consiga que la tecnología se convierta en un medio y no se perciba como un fin de aprendizaje. Es decir, se debe manejar adecuadamente la interacción de los sistemas de educación con el objetivo de que el aprendizaje del manejo del sistema informático subyacente sea el mínimo posible y los usuarios enfoquen sus esfuerzos a los contenidos del curso (Jones & O'Shea, 1982; Eisenhauer *et al.* 2002; Hwang, 2003; Sieber, 2005).

Hay que tener también en cuenta que dependiendo del objetivo del sistema, es posible que unos principios y estilos de interacción sean más convenientes que otros. Así, por ejemplo, en un sistema para enseñar a programar, el estilo de interacción de manipulación directa podría resultar más ventajoso, y en el caso de que el sistema vaya a ser usado únicamente por usuarios expertos un estilo de interacción basado en palabras clave será más adecuado.

Si se diseñan correctamente los sistemas de educación a distancia en línea, los estudiantes y los profesores podrían comprobar cómo sólo necesitan tener un conocimiento básico del manejo del ordenador, de Internet y saber usar el ratón y el teclado. Solamente el rediseño correcto de la interfaz gráfica de usuario puede ya suponer un cambio significativo en el tiempo de aprendizaje, la capacidad de realizar tareas con el sistema, la tasa de error y la satisfacción del usuario (Shneiderman, 1986).

Además, en los cursos puramente e-learning, en los que se pierde la interacción cara-a-cara entre el profesor y el estudiante, hay ciertos elementos de la interacción como la información gestual, la expresión facial, el diálogo directo, el uso de pronombres inclusivos, etc. que no son completamente reproducibles en la interacción en línea profesor-estudiante (Richmond *et al.*, 1987; Gorham, 1988).

Por lo tanto, en este apartado nos centramos en la educación a distancia usando un sistema informático en línea para Aprendizaje Híbrido (Graham, 2006). Este tipo de sistemas de aprendizaje combinan dos tipos de interacción profesor-estudiante: la tradicional cara-a-cara y la basada en el uso de sistemas informáticos en línea. De esta forma, no se pierde ningún tipo de interacción, sino que se aumentan las posibilidades. De hecho, según Hirumi y Bermudez (1996) en este tipo de educación a distancia las posibilidades de interacción pueden ser incluso mayores que en los cursos tradicionales.

En los siguientes subapartados se presentarán los sistemas que se considera que mejor han planificado cada tipo de interacción considerado en este trabajo. En concreto, se presentan las siguientes interacciones junto a los sistemas seleccionados:

- La interacción entre estudiante y el sistema informático o capa computacional (sistema CoMPASS (Putambekar *et al.*, 2003)).
- La interacción entre el profesor y la capa computacional, tanto en su vertiente de monitorización del progreso realizado por el estudiante (sistema CourseVis (Mazza & Dimitrova, 2003)) como en su vertiente de gestión de los contenidos del curso (sistema MINIMA (Anohina & Grundspenkis, 2008)).

3.5.1 CoMPASS: Mejora de la interacción estudiante-capacidad computacional

Concept Mapped Project-Based Activity Scaffolding System (CoMPASS) es un sistema hipermedia adaptativo educativo (Puntambekar *et al.*, 2003). Esto es, muestra la información del curso adaptada a cada estudiante.

Comprende tanto la parte formativa como la de evaluación, y su interfaz se basa en el uso de mapas de navegación conceptuales. Cada página tiene un mapa conceptual a la izquierda generado a partir del texto situado a la derecha. El estudiante puede acceder a otros conceptos haciendo clic sobre los conceptos como se puede apreciar en la Figura 3-3.

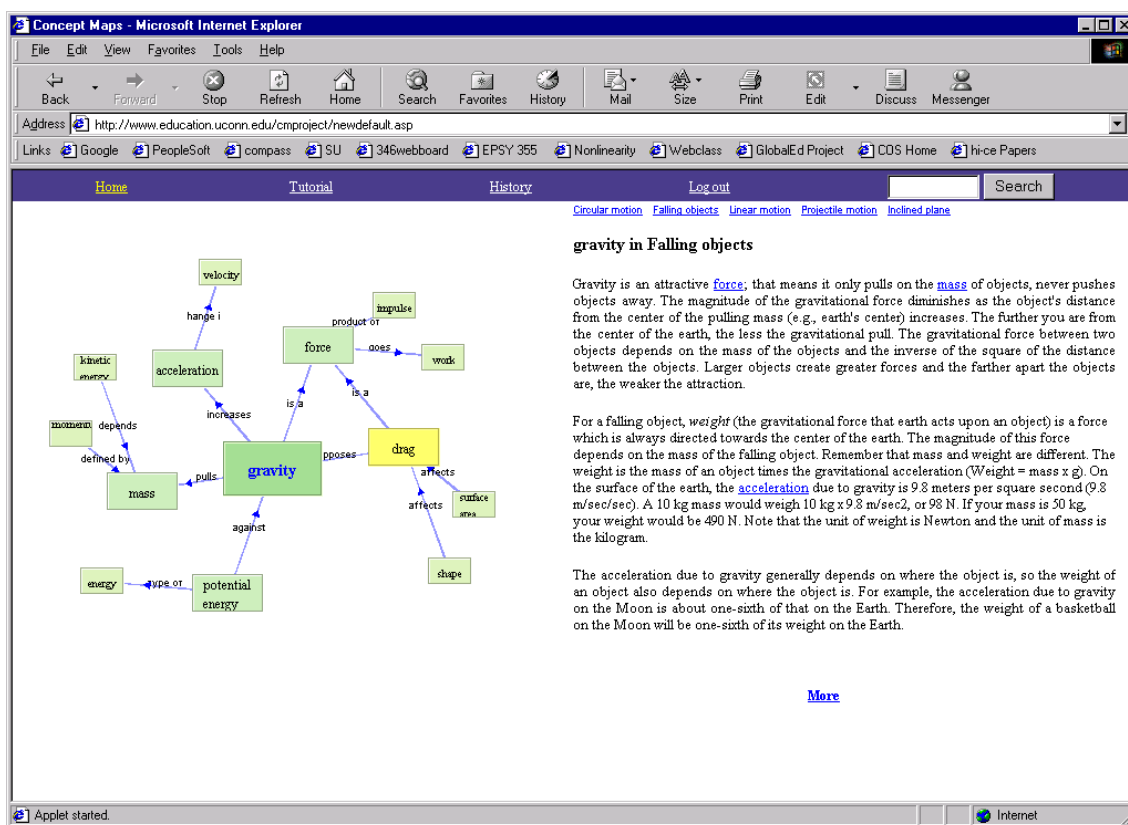


Figura 3-3 Interfaz para el estudiante de CoMPASS

[Fuente: Stylianou & Putambekar, 2003]

Aunque la idea inicialmente pudiera parecer útil, al usarlo en clase los autores comprobaron que los estudiantes no eran capaces de entender que el mapa se estaba generando a partir del texto de la derecha, y que se perdían al no tener la información mostrada de forma secuencial. Los autores comprobaron que en clase los profesores se encargan de ir enlazando de forma activa los conceptos en la explicación para que los estudiantes no se desorientasen, y decidieron recopilar esta

información de los profesores en pistas metacognitivas que se incluirían también junto al mapa conceptual en el sistema para orientar a los estudiantes y reforzar la interacción estudiante-capacitacional.

En este ejemplo, merece la pena destacar cómo los autores han integrado principios de la IPO para: reducir la carga cognitiva de los usuarios, proporcionar retroalimentación continua, proporcionar mensajes significativos y aunque el estudiante sigue teniendo el control para visitar el concepto que dedica, recibe información del estado en el que se encuentra y pistas para que no se desoriente, y de esta forma que aumente su nivel de satisfacción con el sistema y su efectividad.

3.5.2 CourseVis: Mejora de la interacción profesor-capacitacional en su vertiente de monitorización

CourseVis (Mazza & Dimitrova, 2003) es un sistema que genera representaciones gráficas de monitorización del trabajo realizado por los estudiantes en cursos de educación en línea, para que los profesores puedan revisar el rendimiento obtenido por los estudiantes.

El principal principio IPO en el que se basa este sistema es que las aplicaciones de gestión de cursos en línea suelen mantener información multidimensional, que los profesores en la mayoría de las ocasiones no usan porque está en un formato incomprensible para ellos. En cambio, con CourseVis se ha hecho un esfuerzo para que esta información se presente condensada en un formato gráfico más sencillo y por lo tanto más usable.

Los autores del sistema realizaron una encuesta a 98 profesores de 11 países distintos para saber qué información es la que más les interesa sobre los estudiantes que realizan un curso de educación a distancia. El resultado se puede clasificar en tres grandes grupos de aspectos: sociales, cognitivos y de comportamiento.

Respecto a los aspectos sociales, de todas las interacciones que se pueden dar en el curso de educación a distancia entre los estudiantes y los profesores, una de las consideradas más importantes fueron el análisis de las discusiones en línea. No obstante, los profesores no querían tenerse que leer todas las discusiones entre los estudiantes, puesto que es un proceso muy laborioso y que consume mucho tiempo. En su lugar, preferían poder tener una visualización gráfica disponible para descubrir tendencias generales, y la participación de cada estudiante en el grupo.

La Figura 3-4 muestra dos ejemplos de representación realizada con CourseVis para mostrar al profesor las discusiones en las que ha participado un estudiante en un curso de Java en línea. En el gráfico superior se presentan los hilos de discusión abiertos por cada estudiante y hay cuatro dimensiones a tener en cuenta: el tiempo, el tema de la discusión, el estudiante y el tamaño de la discusión que se representa por el tamaño de la esfera. El profesor puede utilizar manipulación directa sobre la gráfica para hacer zoom, rotarla o verla desde otro punto de vista, y podría decidir animar a aquellos estudiantes que o bien no inician conversaciones, o bien comienzan discusiones que no son seguidas por ningún otro estudiante.

En la parte inferior, la representación se centra en la temática de las discusiones. Se puede observar cómo las discusiones más largas se centran en problemas técnicos, y que no todos los grupos se comunicaron con la misma intensidad. El profesor, en este caso, podría animar a los grupos que menos están colaborando a contribuir a alguna discusión.

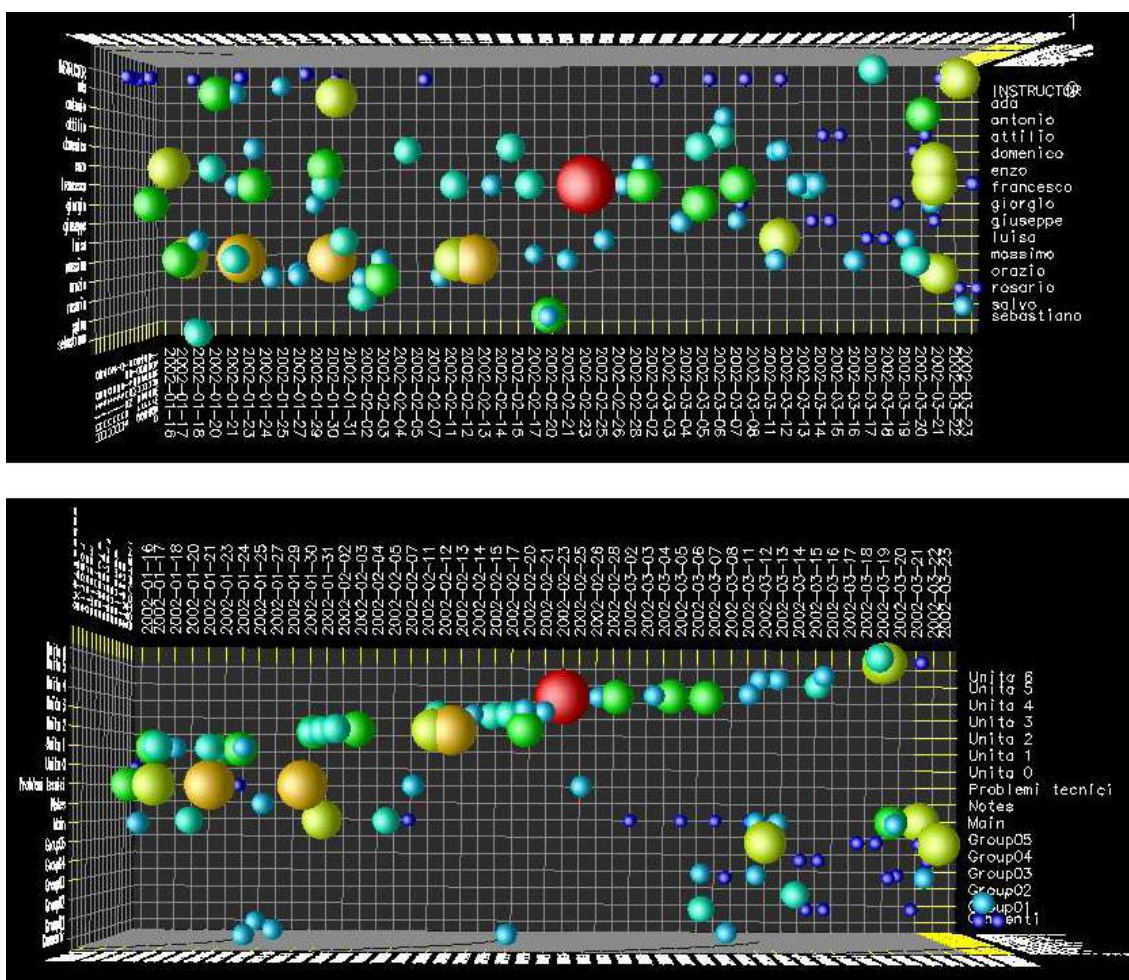


Figura 3-4 Ejemplo de interfaz para representar aspectos sociales de un curso
[Fuente: Mazza, 2005]

Respecto a los aspectos cognitivos, los profesores indicaron estar interesados en los resultados globales de sus estudiantes en los cursos en línea, y también en el nivel de conocimiento adquirido de cada concepto del curso para identificar qué conceptos son los que resultan más difíciles a los estudiantes tanto a nivel individual como grupal.

La Figura 3-5 muestra un ejemplo de representación en forma de matriz del rendimiento de los estudiantes en pruebas de tipo test de un curso en línea. La matriz tiene tres dimensiones: en los ejes el nombre del estudiante y el concepto, y la tercera dimensión, que es el nivel de conocimiento que tiene el estudiante sobre el concepto, se representa con el color (el color verde indica un nivel más alto de conocimiento). La matriz también permite la comparación de cómo un mismo concepto ha sido entendido por diferentes estudiantes de la clase. De esta forma, el profesor puede incidir posteriormente en clase sobre los conceptos que tienen un color más cerca del rojo (peor conocidos) para un cierto número significativo de estudiantes, y avisar a estudiantes individuales sobre conceptos importantes que deben repasar.

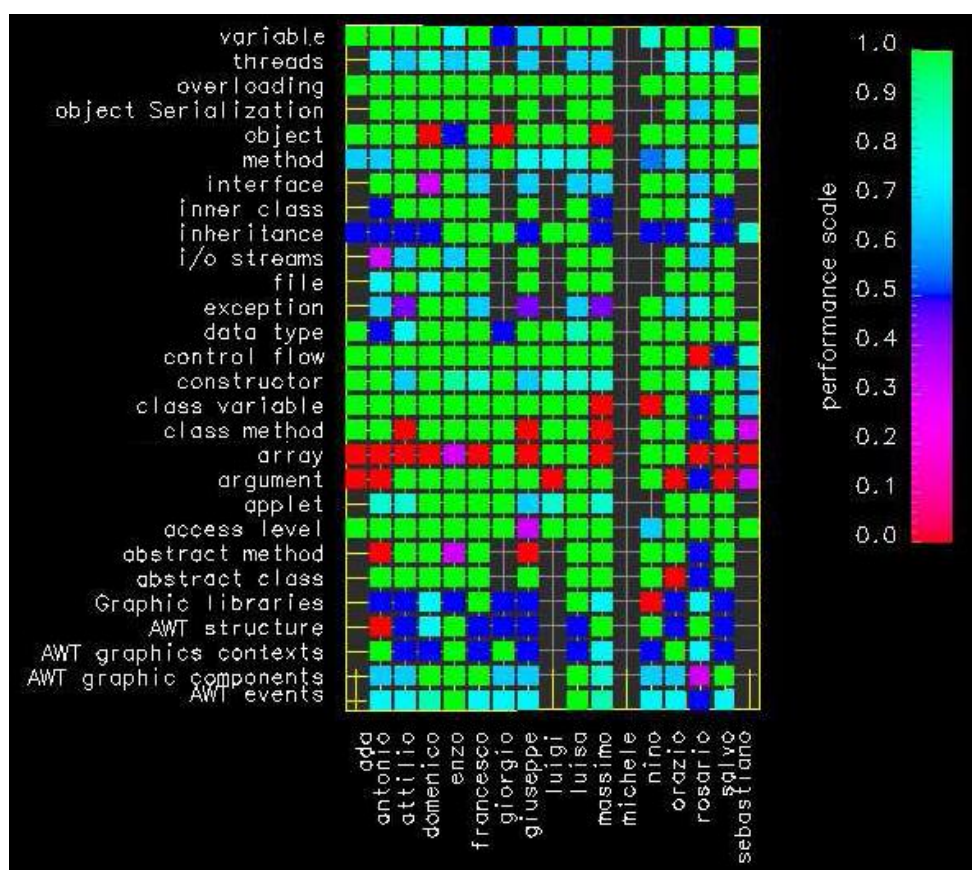


Figura 3-5 Ejemplo de interfaz para representar aspectos cognitivos (matriz para visualizar el rendimiento de los estudiantes en pruebas tipo test)

Finalmente, respecto a los aspectos de comportamiento, los profesores estaban interesados en indicadores como: el nivel de motivación, cuánto tiempo habían dedicado a las actividades del curso, con qué frecuencia las habían accedido, etc.

La Figura 3-6 muestra en forma de matriz la frecuencia de acceso al curso de los estudiantes. Se puede comprobar cómo esta matriz también tiene tres dimensiones: en los dos ejes los nombres de los estudiantes y las fechas del curso en la que se produjo el comportamiento, y en el tercero los puntos que aparecen cada vez que al menos el estudiante ha accedido una vez al sistema en esa fecha. De esta forma, el profesor puede detectar si algún estudiante está accediendo pocas veces al curso, y animarle a participar más, evitando que acabe finalmente abandonando.

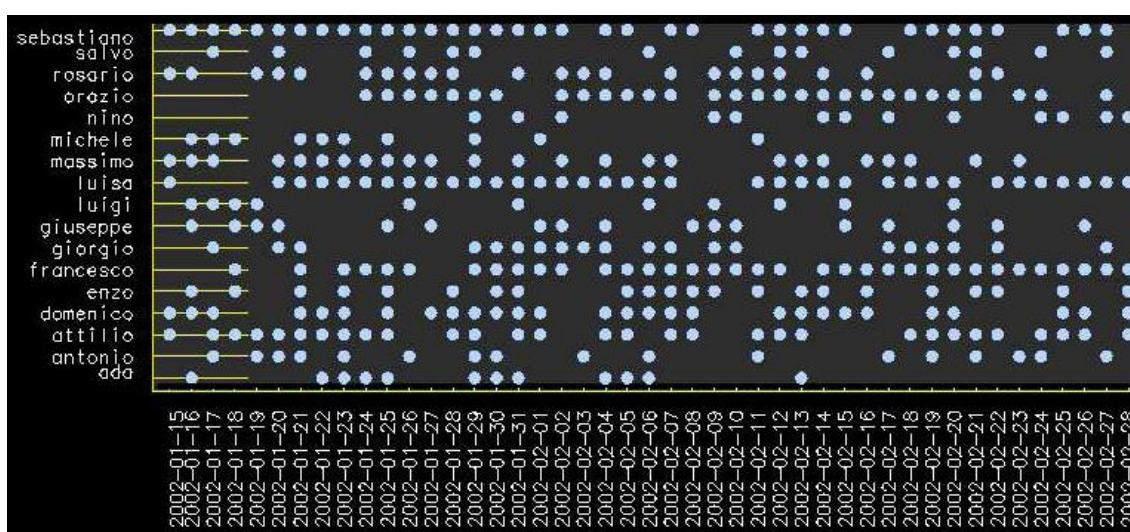


Figura 3-6 Ejemplo de interfaz para representar aspectos de comportamiento (accesos a un curso de los estudiantes)

3.5.3 MINIMA: Mejora de la interacción profesor-capacidad computacional en su vertiente de gestión de contenidos

MINIMA es un sistema que tiene dos objetivos principales: promover la auto-evaluación de los estudiantes, y apoyar al profesor en la mejora del contenido de un curso a través de una evaluación sistemática del conocimiento de los estudiantes y el análisis de sus resultados (Anohina & Grundspenkis, 2008).

Para conseguir los objetivos planteados, el sistema espera la introducción de mapas conceptuales acerca de la temática del curso. Estos mapas introducidos son evaluados automáticamente en relación al mapa conceptual introducido por el

profesor. El sistema informa a los estudiantes de sus errores y les permite que cambien, amplíen o corrijan su mapa conceptual.

La interacción profesor-capacidad computacional en este sistema es fundamental, ya que es el profesor quién debe crear la estructura de los mapas conceptuales, proporcionando además, para cada concepto, su definición y una descripción breve que se pueda mostrar al estudiante si éste así lo solicita. También debe marcar el nivel de dificultad de cada mapa conceptual, de forma que el sistema pueda proporcionar posteriormente los mapas conceptuales en el nivel de dificultad que se soliciten.

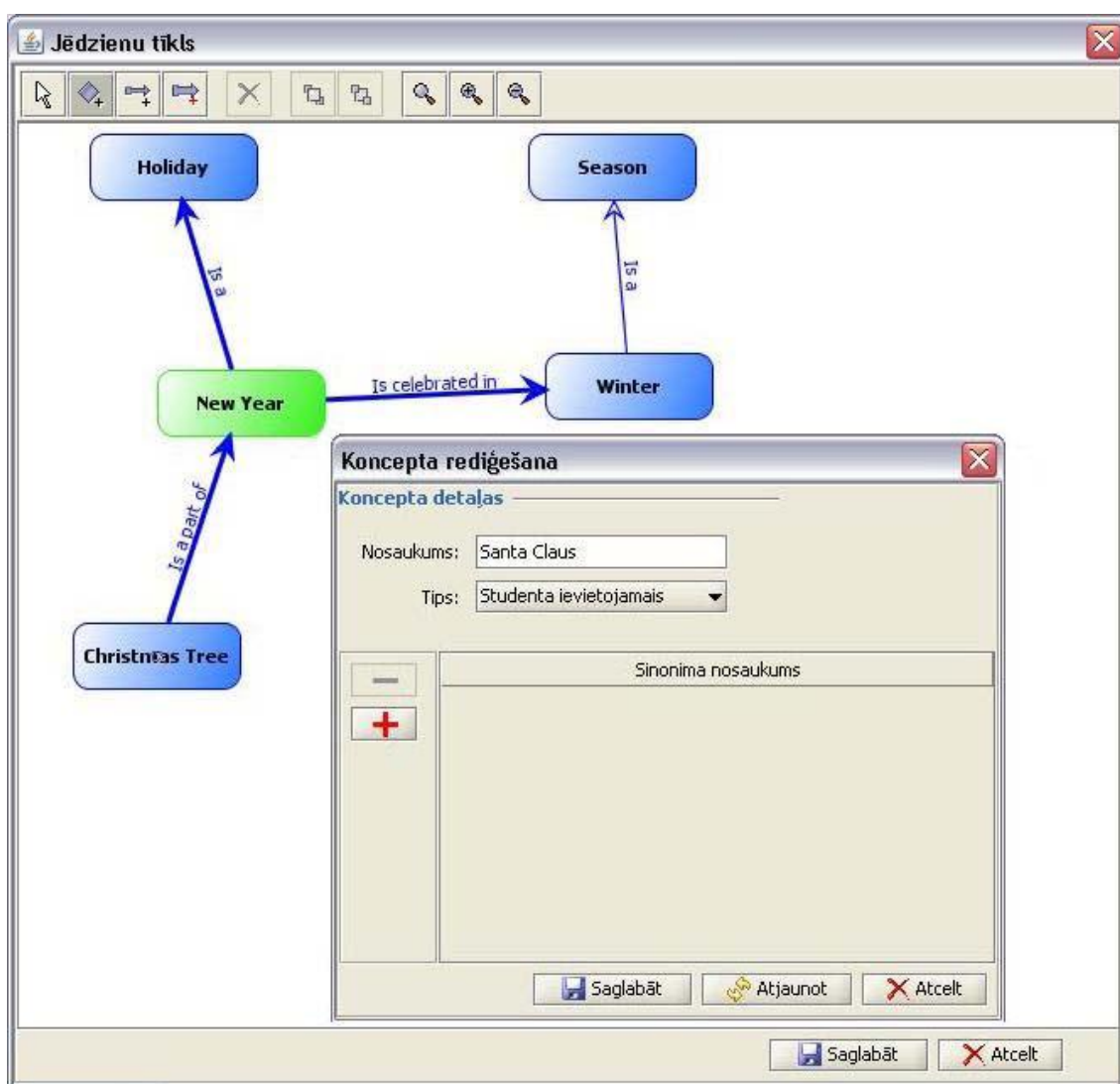


Figura 3-7 Interfaz de MINIMA para la interacción estudiante-contenido
[Fuente: Anohina & Grundspenkis, 2008]

La interacción con el sistema se realiza a través de una interfaz gráfica, como se muestra en la Figura 3-7. Esto que facilita y simplifica la introducción del mapa conceptual por parte del profesor, que no debe aprender a usar lenguajes de

marcado ni representaciones más complejas. Además, no es necesario que proporcione más información, ya que MINIMA tiene un algoritmo automático para comparar los mapas conceptuales que introducen los estudiantes con el mapa conceptual introducido por el profesor, y el propio sistema indica qué conceptos y relaciones son erróneos o faltan. De hecho, el propio sistema, al tener introducido el nivel de dificultad de cada concepto, va orientando al estudiante hasta la fase final en la que el mapa conceptual del estudiante coincida completamente con el mapa conceptual introducido por el profesor.

Parte III

Metodología M-I2P5 para Gestión de la Interacción

En esta parte se describe la metodología de gestión de la interacción llamada M-I2P5 de la que es objeto este trabajo. En particular, esta parte se encuentra dividida en cuatro capítulos, que se corresponden con la explicación de los métodos que componen la metodología de gestión de la interacción.

En particular, el capítulo 4 explica los elementos necesarios para definir los métodos en relación a las actividades principales que pueden desarrollar los estudiantes y profesores en los sistemas de Aprendizaje Híbrido. El capítulo 5 explica el modelo de datos necesario para soportar la interacción tal como se propone en esta metodología, mostrando el valor de los modelos conceptuales como elemento de enlace entre datos y como elemento de interacción. El capítulo 6 se centra en la gestión de la interacción entre el estudiante y la capa computacional. Por último, el capítulo 7 se centra en la gestión de la interacción entre el profesor y la capa computacional.

Capítulo 4

Elementos de una metodología para gestión de la interacción en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea

En este capítulo se describen los elementos que intervienen en la metodología propuesta en este trabajo para gestionar la interacción en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea.

Como se indicó en el Capítulo 1, en el contexto de este trabajo, definimos **metodología de gestión de la interacción** cómo: **el conjunto de métodos o estrategias usado para conseguir que un sistema gestione un determinado comportamiento de interacción entre diversas entidades.**

En particular, los métodos de la metodología que se propone se referirán al sistema informático o capa computacional intermedia que se use en un sistema de Aprendizaje Híbrido en línea. Por ello, la discusión de los elementos que se realiza en este capítulo está enfocada a la descripción de dicha capa computacional intermedia, quedando fuera del alcance de este trabajo la descripción del funcionamiento interno de otras entidades que intervienen en el proceso (estudiantes y profesores).

4.1 Elementos de una metodología de gestión de la interacción

Con el fin de definir los métodos o estrategias que permitan gestionar las interacciones producidas entre las entidades de un determinado sistema, se deben identificar los elementos que intervienen, desde un punto de vista interactivo, en dicho proceso.

A este respecto, se han identificado cuáles son los constituyentes esenciales del proceso de interacción que deben ser definidos con el fin de poder establecer

métodos que permitan gestionar la interacción de un sistema. En concreto, los elementos identificados son los siguientes:

- **Entidades:** son aquellos elementos susceptibles de interactuar entre ellos, que poseen una existencia diferenciada y autonomía de gestión en su organización interna y externa. En el contexto de sistemas informáticos para gestión de la interacción, podemos identificar dos tipos: entidades humanas, o individuos, y entidades computacionales.
- **Interacciones entre entidades.** Una interacción entre entidades es un conjunto de acciones de intercambio de flujos de información entre dos o más entidades. En este contexto, un **flujo de información** es un conjunto de datos con una cierta estructura que es susceptible de ser procesado para un fin determinado.
- **Procesos computacionales.** Se define proceso computacional (o simplemente proceso) como el conjunto de acciones realizadas en el interior de una entidad computacional destinadas a la consecución de un determinado objetivo de interacción. En este contexto, se define "acción" como el proceso de producción de un flujo de información de salida en respuesta a un flujo de información de entrada. La caracterización de un proceso dependerá de la relación del mismo con los flujos de información que manipule en relación a otras entidades, y la relación que mantenga con respecto a los datos internos de la entidad que incorpore el proceso definido.
- **Datos que soportan la interacción:** es el conjunto de datos internos de una entidad que manipulan los procesos para llevar a cabo su tarea. En general, distinguiremos dos tipos de datos: los datos relativos al contenido de la aplicación, y los datos relativos a la interacción de los usuarios.

Este conjunto de elementos se muestra en la Figura 4-1. En esta figura se representa el caso de uso genérico (o escenario básico de interacción) de los elementos expuestos para un sistema informático genérico en el que se gestione la interacción de diversos tipos de individuos.

En el sistema informático de gestión que se plantea se identifican varias entidades. Existirá una entidad o capa computacional que será la que se encargue de gestionar la interacción entre las diversas entidades humanas o individuos que utilicen el sistema. El comportamiento interactivo de estos individuos vendrá definido en gran medida por el papel, o relación, que tengan con respecto a la capa computacional.

Por ejemplo, en sistemas de banca, el papel de los individuos será el de “ser

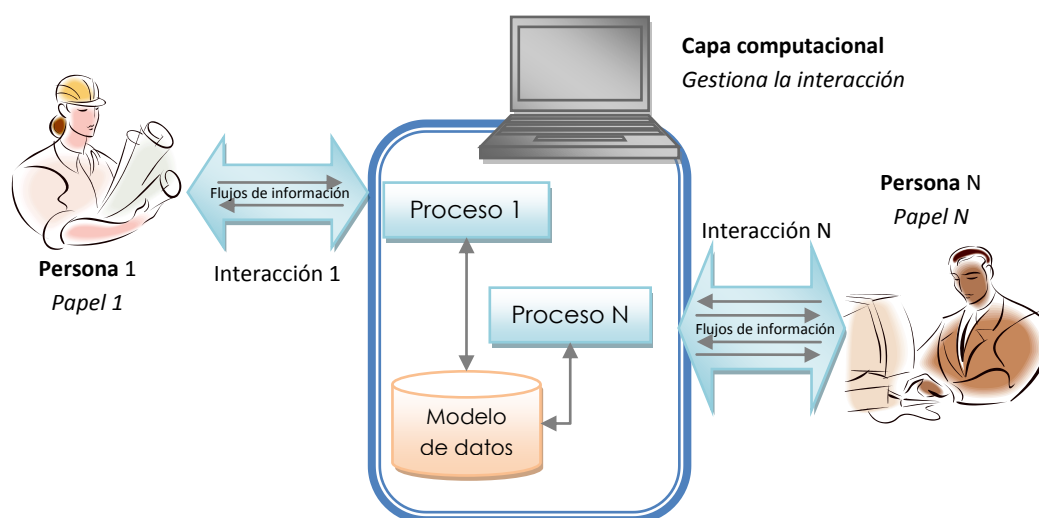


Figura 4-1 Escenario genérico mostrando los elementos de un sistema informático para gestión de la interacción con personas

banquero” o ser “director del banco”; sin embargo, en sistemas educativos tendremos individuos con papel de estudiantes e individuos con papel de profesores. En ambos sistemas la interacción de los individuos con diferente papel será distinta, ya que los objetivos que planteen con respecto al sistema diferirán y por ello también los flujos de información que intercambien con la capa computacional.

La diferencia entre las interacciones de los distintos individuos con la capa computacional da lugar a la identificación de diferentes conjuntos de flujos de información que tienen que ser caracterizados a fin de poder establecer mecanismos de gestión. Estos conjuntos de flujos de información serán las “interacciones entre entidades” o lo que podemos llamar “tipos de interacción”. En general tendrán un propósito concreto, y su identificación facilitará la identificación de los procesos necesarios para determinar la gestión realizada por la capa computacional.

Por su parte, la capa computacional gestiona la interacción procesando flujos de información procedentes de los individuos, y generando flujos de información acordes al papel de cada entidad y sus características intrínsecas. Los flujos de información intercambiados son de naturaleza diversa, pudiendo ser, por ejemplo, el evento generado al pulsar un botón en la página de un navegador, o la transmisión de los puntos que conforman un determinado dibujo. Todo este procesamiento se lleva a cabo dentro de la entidad computacional en los procesos computacionales. Cada proceso manipulará una serie de datos internos (lo que en la figura se ha identificado como modelo de datos) y una serie de datos externos de entrada (los

flujos de información procedentes de los individuos) para producir un conjunto de flujos de información de salida. Los flujos de información se deben producir atendiendo a una serie de métodos o estrategias que permitan una interacción eficaz y productiva entre la entidad computacional y los individuos. Estos métodos serán específicos para cada tipo de sistema, y dependerán de la correcta caracterización de los elementos que intervienen en el proceso de interacción y, en particular, de los procesos internos que formen parte de la capa computacional.

En el siguiente apartado se presenta una exposición de los elementos presentes en un sistema de Aprendizaje Híbrido en línea.

4.2 Elementos de una metodología de gestión de la interacción en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea

Una vez establecidos los elementos que intervienen en la definición de una metodología de gestión de la interacción, se pueden definir los elementos que intervienen en la metodología propuesta. En concreto, en este apartado se definen los elementos que intervienen en la gestión de la interacción de sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea de forma que en capítulos posteriores (Capítulo 6 y 7) se puedan definir los métodos que componen la metodología.

Antes de definir tales elementos conviene recordar, tal como se estableció en el Capítulo 1, que en este trabajo se asume que los **sistemas para Aprendizaje Híbrido en línea** (Graham, 2006) son *aquellos sistemas de educación en los que se combina la enseñanza tradicional con el uso de nuevas tecnologías web diseñadas para la enseñanza*.

Los siguientes apartados identifican los elementos presentes en cualquier sistema informático usado en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea. Primero se estudiarán las entidades que intervienen en dichos sistemas. A continuación, se identificarán las interacciones principales establecidas entre los individuos y la entidad computacional, que es el objeto principal de estudio de este trabajo. Después se expondrán los procesos principales que aparecen (o pueden aparecer) en los sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea. Por último, se realizará una exposición del modelo de datos, o datos internos, de la capa computacional.

4.2.1 Entidades

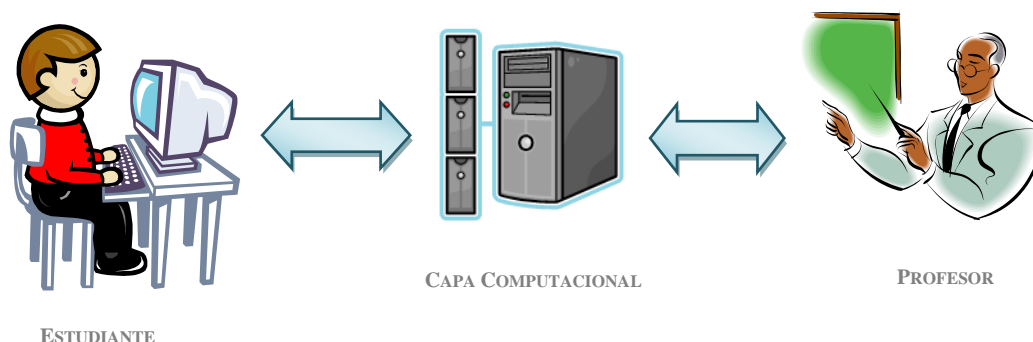


Figura 4-2 Entidades que intervienen en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea

En la Figura 4-2 se recogen las entidades principales que intervienen en la interacción de un sistema de Aprendizaje Híbrido en línea. Las entidades que se pueden identificar son:

- **Capa Computacional:** el programa informático que gestiona la interacción entre los estudiantes, los profesores y un determinado contenido educativo. Se considera que el contenido forma parte de la capa computacional y que es adquirido por interacción de los profesores y los estudiantes con dicha capa. Esta entidad es el objeto principal de este estudio.
- **Profesores:** personas que se encargan de instruir a un conjunto de estudiantes acerca de un determinado área de conocimiento. En el contexto de los sistemas Híbridos, su labor se desarrolla en el aula, y a través de un programa informático que apoya la docencia.
- **Estudiantes:** personas que se instruyen en una cierta área de conocimiento utilizando para ello diversas fuentes de conocimiento, como pueden ser medios electrónicos o el profesor.

4.2.2 Interacciones entre entidades

Como se ha comentado con anterioridad, el foco del presente trabajo, se encuentra en la entidad que se ha denominado “capa computacional” ya que es la entidad que adoptará una serie de métodos de gestión de la interacción y, por lo tanto, gestionará la interacción. Por ello, las únicas interacciones que se considerarán son aquellas que se produzcan entre los individuos y la entidad computacional. Aunque, si

bien es cierto, pueden producirse procesos directos de interacción entre individuos, éstos quedan fuera del alcance de este estudio.

Por otro lado, en este trabajo solo se abordan las interacciones que, tras la revisión del estado del arte en interacción aplicada a sistemas educativos (véase el Capítulo 3), se consideran relevantes desde el punto de vista del aprendizaje del estudiante, y considerando únicamente aspectos individuales de la interacción.

Conviene decir que se ha decidido considerar conjuntamente, a efectos de interacción, lo que es el contenido del sistema de Aprendizaje Híbrido y el sistema informático de Aprendizaje Híbrido en sí. En el estado del arte dichos elementos aparecen considerados, según el autor, conjunta o disjuntamente.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se puede pasar al análisis específico de las interacciones producidas entre los estudiantes, la capa computacional y los profesores. En la Figura 4-3 se recoge el escenario básico de interacción.

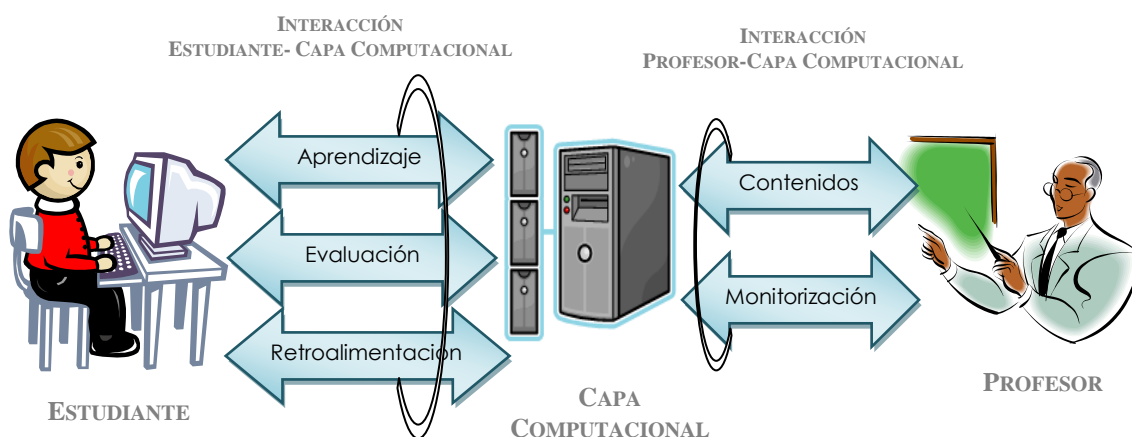


Figura 4-3 Interacciones establecidas entre la capa computacional y las entidades humanas con referencia a los principales intercambios de información.

Tal como se muestra en la Figura 4-3, se pueden distinguir dos tipos fundamentales de interacción atendiendo a las entidades:

- **Interacción estudiante-capa computacional:** que abarcará todos aquellos intercambios de flujos de información entre el estudiante y la capa computacional.

- **Interacción profesor-capacitacional:** que es aquella interacción referida a los intercambios de flujos de información entre el profesor y la capa capacitacional.

En cuanto a la interacción estudiante-capacitacional, los intercambios de flujos de información que el estudiante realiza con la capa capacitacional podrán ser de todos o alguno de los siguientes tipos:

1. **Flujos relativos a aprendizaje**, por medio de los cuales el estudiante podrá aumentar su conocimiento acerca de un determinado área de conocimiento.
2. **Flujos relativos a evaluación**, por medio de los cuales el estudiante realizará una evaluación estimada del conocimiento que posea acerca de un determinado contenido, y obtendrá una cierta información local acerca de esta evaluación.
3. **Flujos para retroalimentación del proceso global de aprendizaje:** de forma que el estudiante pueda obtener información global acerca de lo bien o mal que se está produciendo el proceso de adquisición de conocimientos. Este flujo implica la presencia de al menos alguna interacción de evaluación.

En cambio, en cuanto a la interacción profesor-capacitacional, el profesor interactuará con la capa capacitacional para intercambiar flujos de información que le permitan realizar alguna de las siguientes acciones:

1. **Introducir contenido en la aplicación informática** de forma que estos contenidos se puedan usar para la interacción del estudiante con la capa capacitacional.
2. **Realizar una monitorización del proceso de aprendizaje** de sus estudiantes obteniendo información acerca del contenido que se ha adquirido correcta o incorrectamente.

En este punto, merece la pena comentar que los flujos de información identificados en este apartado son abstracciones de conjuntos de flujos de información relacionados con actividades que realizan los usuarios de los sistemas de Aprendizaje Híbrido. Por ello, a cada uno de estos conjuntos de flujos se les denominará flujos de información de alto nivel, ya que representan una abstracción de un conjunto de flujos de información de bajo nivel, o simplemente flujos de información, tal como se definió en el apartado 4.2.1.

4.2.3 Procesos y Flujos de Información

En el análisis de los procesos que podemos encontrar en la capa computacional se han planteado aquellos procesos que, como mínimo, permitan gestionar los dos tipos de interacción básicos identificados que son objeto de este estudio. Por ello, la identificación de los procesos se estudiará en relación a dichos tipos de interacción identificados. Además, las actividades principales que llevan a cabo cada una de las entidades, y que en gran medida están definidas por los intercambios de flujos de información de alto nivel identificados en el apartado 4.2.2, sirven para identificar los procesos de interacción que gestionará la entidad computacional.

Asimismo, el funcionamiento de los procesos computacionales que gestionen la interacción dependerá de dos tipos de flujos de información que deberán ser identificados: flujos externos correspondientes a los flujos de información intercambiados con los individuos y flujos internos correspondientes a los flujos de información procedentes de los datos internos de la entidad computacional.

4.2.3.1 Procesos de la interacción estudiante-capacidad computacional

En el apartado 4.2.2 se han identificado tres tipos de flujos de información de alto nivel que intervienen en la interacción estudiante-capacidad computacional: flujos de información para aprendizaje, flujos de información para evaluación y flujos de información para dar retroalimentación al estudiante del proceso de evaluación global. Cada uno de estos flujos se relaciona con un proceso de la entidad computacional.

La representación del caso de uso que muestra la relación entre los procesos computacionales identificados y los flujos de información intercambiados con los mismos por el estudiante se presenta en la Figura 4-4. Como se puede apreciar en dicha figura los procesos computacionales a considerar son: el proceso evaluador local del conocimiento del estudiante, el proceso informador de la evaluación global realizada por el sistema y el proceso de enseñanza de conceptos.

El **proceso informador de la evaluación global** intercambia dos flujos de información con el estudiante: un flujo de información en el que el estudiante realiza una consulta acerca de su estado, y el flujo que informa al estudiante de su estado. Para producir el flujo de información de estado del estudiante, el proceso informador de la evaluación global extrae información de la parte del modelo de datos correspondiente al estudiante acerca del estado estimado de conocimiento que posee dicho estudiante en el momento de realizar la consulta.

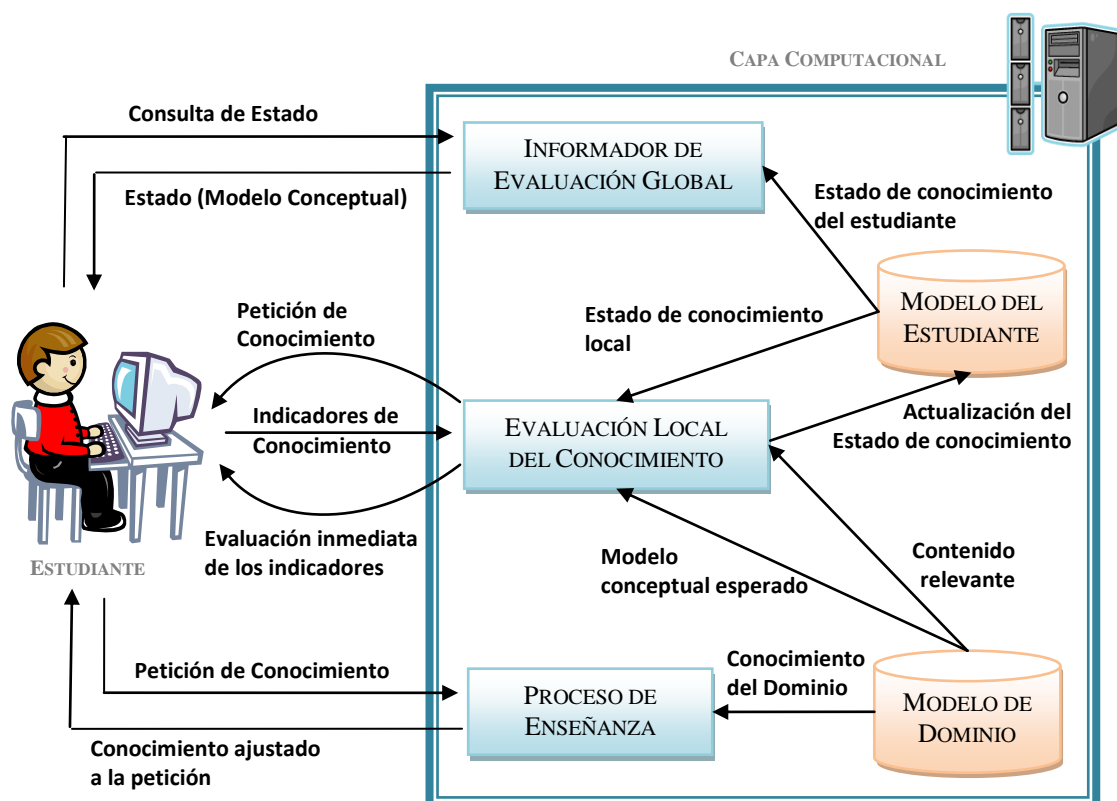


Figura 4-4 Representación del caso de uso que incluye los procesos computacionales para la interacción estudiante-capacidad computacional

En el contexto de esta propuesta, el estado del estudiante consistirá en toda aquella información que indique el progreso del estudiante y, en particular, indicará los conceptos que el sistema estimó adquiridos correctamente por dicho estudiante. Por el momento, solo se indicará que la gestión del conocimiento presentada al estudiante se basará en modelos conceptuales y su relación con respecto a los datos de contenido del sistema. Una discusión en mayor del modelo de datos se realizará en el Capítulo 5.

El **proceso de evaluador local del conocimiento** es un proceso en el que se realiza la gestión de tres flujos de información. El primer flujo lo genera la capa computacional en dirección al estudiante, realizando una petición de conocimiento cuyo fin es obtener algún indicador del estudiante que sirva para estimar si conoce o no un determinado fragmento del contenido al que se refiere la petición. El estudiante entonces enviará un flujo de información con los indicadores de conocimiento cuya introducción fue motivada por la petición de la capa computacional. Entonces, la capa computacional realizará una evaluación de esos indicadores de conocimiento,

relacionándolos con el estado estimado del conocimiento que posea acerca del estudiante, y en relación al conocimiento relevante del curso para la petición de conocimiento inicial. Se actualizará el modelo del estudiante con la nueva información estimada y como último, flujo el proceso evaluador local enviará al estudiante alguna una información acerca de la evaluación de los indicadores de conocimiento introducidos.

Por último, el **proceso de enseñanza** hace referencia a aquella parte de la capa computacional que se encargará de proporcionar información al estudiante en función de una petición de conocimiento motivada por el mismo. A este respecto, se tendrán que gestionar dos flujos: el flujo correspondiente a la petición de conocimiento realizada por el estudiante, y el flujo correspondiente a la información de conocimiento que devuelve la capa computacional motivada por la petición del estudiante. Para la composición del flujo de conocimiento estimado, el proceso de enseñanza utilizará información acerca del conocimiento del área de dominio.

4.2.3.2 Procesos de la interacción profesor-capas computacional

Los procesos relacionados con la interacción profesor-capas computacional se recogen en el caso de uso representado en la Figura 4-5. En particular, se han identificado los siguientes procesos, de acuerdo a los dos flujos de información de alto nivel que se identificaron previamente (flujos de monitorización y de captura de contenido): el proceso capturador de la parte del modelo de datos correspondiente a la información de dominio (modelo de dominio), y el proceso monitorizador del progreso del estudiante.

El **proceso capturador del modelo de datos de dominio** es un proceso cuyo cometido principal es recolectar el contenido que utilizará el sistema informático de Aprendizaje Híbrido. Este proceso intercambia dos flujos con el profesor. El primer flujo consiste en la presentación por parte de la capa computacional de una petición de conocimiento, en forma de pregunta de algún tipo, que permita al profesor del curso la introducción de un cierto contenido de forma estructurada correspondiente a un área de dominio. Dicha información se almacenará en el modelo de de datos correspondiente al dominio en un formato procesable.

El **proceso monitorizador del estudiante** es el proceso que se encarga de presentar al profesor los elementos de seguimiento del progreso del estudiante. Este proceso intercambiará dos flujos de información con el profesor. El primer flujo de información procederá del profesor y corresponde a una consulta del estado de progreso de un estudiante. El proceso de monitorización obtendrá información de la

parte del modelo de datos correspondiente al estudiante y mostrará al profesor información del progreso de dicho estudiante.

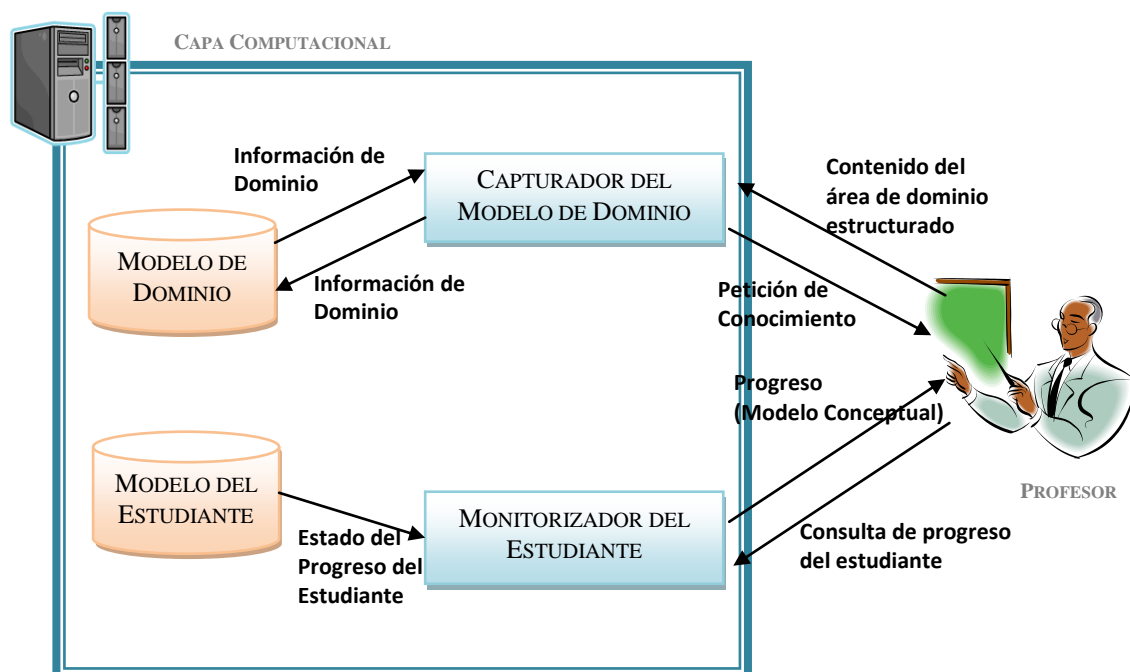


Figura 4-5 Representación del caso de uso que incluye los procesos computacionales para la interacción profesor-capacidad computacional

4.2.4 Datos del modelo

Los procesos de la capa computacional, para poder realizar su función, tienen que manipular una serie de datos. Los datos son así elementos de soporte del proceso de interacción global.

En general, atendiendo al cometido de los datos y su naturaleza, podemos distinguir dos tipos de datos básicos que soportan la interacción en la metodología que se propone: el modelo de datos correspondiente al contenido o modelo de dominio, y el modelo de datos correspondiente al estudiante o modelo del estudiante.

El modelo de dominio es una representación del contenido (o dominio conceptual) del sistema, que será introducido por el profesor, y contendrá toda la información relevante del estudiante.

El modelo del estudiante en cambio, será el conjunto de datos derivados o extraídos por el sistema acerca del estudiante. Podrá contener tanto datos personales como de contenido adquirido por el estudiante en relación al modelo de dominio (evaluaciones, respuestas tal cual, etc.).

En la metodología que se propone se utilizará un *modelo conceptual* (conjunto de conceptos interrelacionados) como elemento clave (aunque no necesariamente único) tanto para el modelo de dominio como para el modelo del estudiante (en este último en forma de evaluación estimada de la presencia del modelo conceptual base). No obstante, el modelo conceptual no será el único elemento de los tipos de datos identificados. De hecho, tanto el modelo de dominio como el modelo de estudiante contendrán todos aquellos datos que son necesarios para el correcto funcionamiento del sistema objetivo, ya sean, por ejemplo, preguntas en el caso del modelo de dominio, o respuestas concretas realizadas por el estudiante, en el caso del modelo del estudiante.

Es importante resaltar que en la definición de esta metodología se propone realizar una interconexión entre los datos específicos del sistema y los modelos conceptuales que forman parte de la definición de dicha metodología. Esta unión permitirá realizar una mejor gestión de los flujos de información intercambiados y agrupar la información que se presenta al usuario final (estudiante o profesor) de una forma estructurada, agrupada y significativa, al ser los modelos conceptuales elementos que condensan la esencia del contenido de un determinado área (Ausubel, Novak & Hanesian, 1989).

Tanto el modelo del estudiante como el modelo de dominio se explorarán en mayor profundidad en el Capítulo 5, antes de explicar los métodos que implantan los procesos de la capa computacional explicados en este capítulo.

Capítulo 5

Modelo de datos para soporte de la interacción

En este capítulo se describe el modelo de datos que sirve como soporte de los procesos computacionales identificados en el Capítulo 4.

Los datos que se tratan en los sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea, y en general, en cualquier sistema de educación, son de muy diversa naturaleza: preguntas, algoritmos, números, fórmulas, textos, vídeos, etc. Sin embargo, independientemente de la forma específica en la que se esté representando el conocimiento, la base de todos ellos se puede reducir a un conjunto de conceptos y sus relaciones (Novak & Gowin, 1984).

En este trabajo se propone el uso de un modelo conceptual como soporte de representación de este conjunto de conceptos y relaciones entre conceptos. Por lo tanto, se estudiará en detalle qué se va a entender cómo modelo conceptual y los tipos de modelos conceptuales que se usarán.

Los dos tipos de datos básicos que intervienen en el proceso de interacción ya se introdujeron en el Apartado 4.2.4, *Datos del modelo*, y son: el modelo del estudiante y el modelo de dominio. Estos dos tipos de datos son muy importantes en el ámbito de los sistemas informáticos en línea, y en especial en los sistemas de educación a distancia (Brusilovsky & Eklund, 1998; Dimitrova, 2001; Bull & Nghiem, 2002; Zapata-Rivera *et al.* 2007).

Se verá que ambos contienen conceptos y relaciones que se pueden representar usando un modelo conceptual. Por ello, este capítulo comenzará dando una visión global del modelo de datos que soporta el proceso de gestión de la interacción con referencia al uso de los modelos conceptuales. Después, la discusión se centrará en detallar la relación de los modelos conceptuales con las actividades básicas del proceso de educación.

5.1 Visión global

La Figura 5-1 recoge los elementos principales del modelo de datos que se proponen como parte de la metodología M-I2P5 propuesta en este trabajo. Para proporcionar una visión global de estos elementos se explicarán siguiendo un orden de fuera a dentro con respecto al diagrama. En particular, se comentarán primero las actividades educativas del estudiante y del profesor en relación a la capa computacional. A continuación, se enunciarán los datos básicos (modelo del estudiante y modelo de dominio). Para cada uno de estos tipos de datos se discutirán sus elementos constituyentes en relación al proceso educativo global.

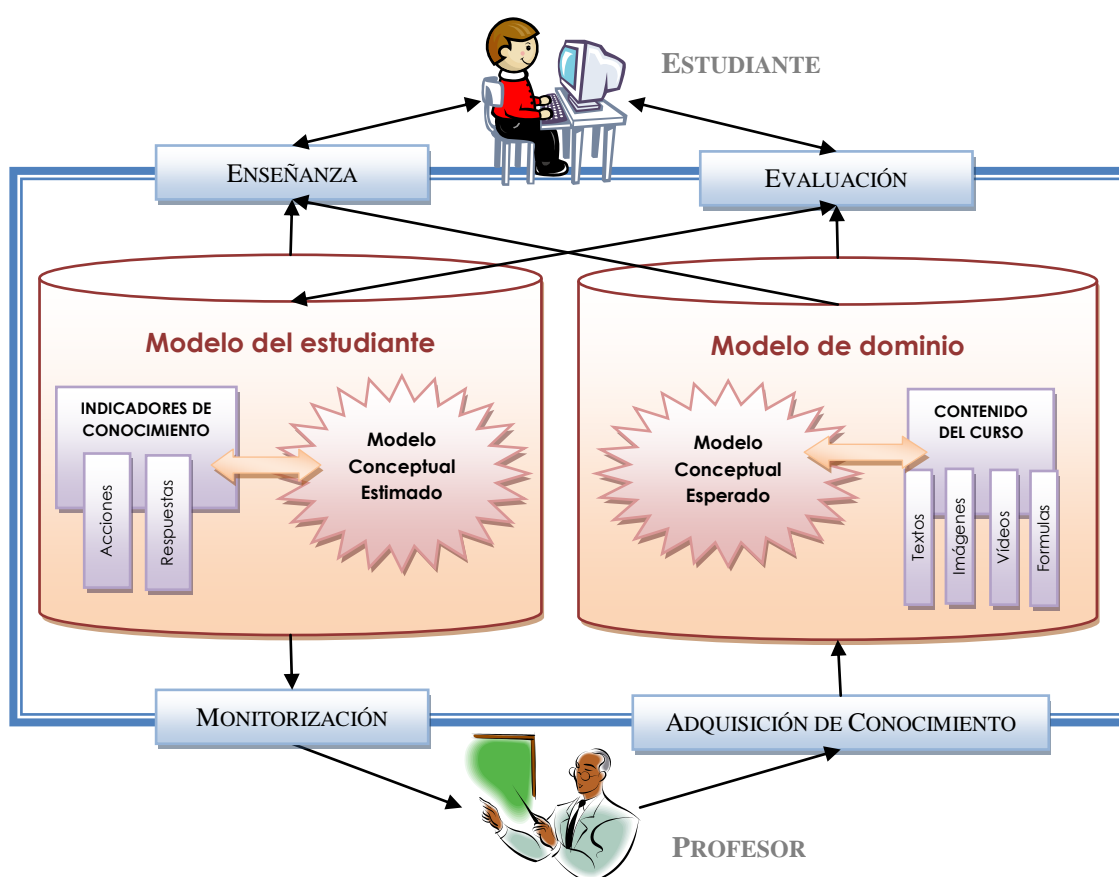


Figura 5-1 Modelo de datos

Como se puede observar en la Figura 5-1, **las actividades educativas** se han abstraído a cuatro principales, identificando dos actividades para el estudiante y otras dos para el profesor. El estudiante puede verse involucrado en una actividad de enseñanza por parte de la capa computacional, en la que se le proporcionaría conocimiento al estudiante; y en una actividad de evaluación, que mediría el conocimiento del estudiante en función del conocimiento que es capaz de transmitir a

la capa computacional. El profesor, en cambio, puede involucrarse en una actividad de monitorización del progreso de los estudiantes o en una actividad en la que aporte conocimiento a la capa computacional (actividad de adquisición de conocimiento por parte de la aplicación informática).

En función de estos procesos, y de acuerdo a cómo se enunció en el capítulo anterior, se pueden identificar **dos grandes tipos de datos a manipular: el modelo de dominio y el modelo del estudiante**. El modelo de dominio es todo el conocimiento relevante para un cierto curso. Este conocimiento puede representarse en múltiples formatos: textos, vídeos, animaciones, imágenes, etc.

Además, todo este conocimiento se puede resumir en (y está relacionado con) un conjunto de conceptos y relaciones, identificado, en última instancia, por el conjunto de profesores del curso, y representado en forma de modelo conceptual (Ausubel, Novak & Hanesian, 1989). No obstante, cabe mencionar que en ocasiones, en función de la naturaleza del conocimiento que se desea representar, la tarea de identificar conceptos y relaciones puede resultar de mayor complejidad. De hecho, por ejemplo, el modelado de relaciones temporales (Pani & Bhattacharjee, 2001), el modelado de la negación de existencia de un concepto (Mugnier & Leclerc, 2007) o el modelado de la precisión o certeza de un determinado concepto (Wuwongose & Manzano, 1993), son tareas que han sido objeto de una larga discusión a lo largo del tiempo en cuanto a representación del conocimiento. Sin embargo, no es esta cuestión la que se plantea resolver con este trabajo de investigación, sino más bien presentar los modelos conceptuales como un objeto útil para establecer un marco de interacción educativa en el que, atendiendo a criterios interactivos y pedagógicos, se pueda dotar al sistema resultante de una determinada capacidad de gestión de la interacción que promueva el proceso de aprendizaje de un conjunto de estudiantes. Por ello, es posible que haya cursos en los que establecer conceptos y relaciones sea mucho más complejo que en otros.

En cualquier caso, este **modelo conceptual relacionado con el conocimiento del curso** es lo que se denomina en este trabajo el **modelo conceptual esperado**, puesto que es el que esperan los profesores que los estudiantes adquieran como resultado de su proceso de aprendizaje durante el curso. Este modelo conceptual esperado posee así una naturaleza esencialmente estática puesto que, aunque es posible realizar modificaciones durante el curso, es aconsejable realizar las mínimas posibles ya que el objeto del cambio (el contenido) es el referente que tienen los estudiantes y, por lo tanto, modificarlo supone tener que cambiar también los modelos de los estudiantes (al tener que ser reevaluados para considerar nueva información).

Una vez está definido el modelo conceptual esperado en relación al contenido específico del curso, se podrá gestionar la interacción que se realiza al llevar a cabo el resto de actividades educativas del mismo.

Por otro lado, el modelo del estudiante contiene toda la información que el sistema recopila mediante las interacciones con el estudiante. Este modelo contiene tanto los indicadores de conocimiento del estudiante –esto es, las interacciones del estudiante con el sistema (por ejemplo, sus respuestas)– como el **modelo conceptual estimado**, que es el **modelo conceptual que el sistema estima que el estudiante conoce** en relación al modelo conceptual esperado.

El formato específico de los indicadores de conocimiento no se tratará aquí, puesto que es un tema particular de cada sistema de Aprendizaje Híbrido y en cada caso tendrá una forma diferente.

Sin embargo, de forma similar al modelo de dominio, que contiene el modelo conceptual esperado, el modelo del estudiante también contendrá un modelo conceptual que recoja los conceptos y relaciones entre los mismos que haya utilizado el estudiante durante el curso. Este modelo conceptual es lo que se denomina en este trabajo el modelo conceptual estimado, puesto que es el que el sistema estima en función de la evaluación realizada de los indicadores de conocimiento recopilados, cualesquiera que sean.

El modelo conceptual estimado de un estudiante debe tender a coincidir con el modelo conceptual esperado por el profesor, puesto que esto indicará que el estudiante está adquiriendo de forma adecuada los conceptos y las relaciones entre los mismos correspondientes al curso y que, por lo tanto, está siguiendo correctamente la materia. Esto, en contraste con el modelo conceptual estimado, de naturaleza más o menos estática, determina que el modelo conceptual esperado tenga una naturaleza más dinámica.

De hecho, el modelo conceptual estimado puede ser actualizado automáticamente con cierta frecuencia por el sistema, o por el profesor, para que refleje fielmente el estado real de conocimiento de cada estudiante en cada momento. Estas actualizaciones irán mostrando la convergencia del modelo conceptual estimado del estudiante con el modelo conceptual esperado por el profesor.

5.2 El modelo conceptual

Se puede definir que un modelo conceptual es un conjunto de conceptos y las relaciones que se establecen entre ellos.

En el contexto de este trabajo, se identifican dos tipos principales de modelo conceptual: el modelo conceptual esperado y el modelo conceptual estimado.

El **modelo conceptual esperado** puede mostrar la relación entre los conceptos identificados y el material del cuál proceden, ya que existe una relación entre los conceptos, las relaciones del modelo y el contenido específico del curso. De hecho, esta relación podría presentarse en forma de anotación en cada concepto o bien con enlaces a contenidos. Así, se puede usar el modelo conceptual esperado no únicamente para evaluar al estudiante, sino también para enseñar. Ya que, si por ejemplo, se opta por mostrar este modelo conceptual anotado al estudiante, si éste tuviera cualquier duda sobre un concepto o relación conceptual, podría seleccionar en este modelo la información que refiere.

Otra posibilidad es no mostrar de forma explícita la relación entre los conceptos identificados y el material del cuál proceden. En estos casos, el sistema guardaría estas relaciones y se usarían para el proceso de evaluación de los indicadores de conocimiento del estudiante.

El **modelo conceptual estimado** contiene además de los conceptos y relaciones entre los conceptos, los valores de estimación de hasta qué punto los conceptos y las relaciones parece que han sido asimilados por el estudiante en función de la interacción realizada con el sistema de Aprendizaje Híbrido. Estos valores podrían ser cualitativos, cuantitativos o ambos. Si se opta por una aproximación cualitativa, se podría usar, por ejemplo, un sistema de colores para indicar qué conceptos/relaciones son mejor/peor conocidos por cada estudiante. Por otro lado, si se opta por una aproximación cuantitativa, se podría usar, por ejemplo, una escala numérica en la que a cada concepto/relación se le asignase un valor de 0 (ignorancia) a 1 (conocimiento pleno). La fórmula de cálculo de estos valores dependerá específicamente de cada sistema de Aprendizaje Híbrido.

Es importante destacar aquí también que este modelo estimado del estudiante puede referirse no únicamente a un estudiante individual, sino a cualquier subconjunto de estudiantes. Además, es posible también mostrar esta información al estudiante, al profesor, a ambos, o a ninguno.

5.3 Modelo de dominio

El modelo de dominio contiene la información sobre el área de conocimiento que se pretende enseñar y/o evaluar en un sistema de educación a distancia.

El modelo de dominio puede presentarse o adquirirse de múltiples formas. En este trabajo se propone el uso de un modelo de dominio basado en modelos conceptuales como núcleo que sirva para la evaluación formativa y enseñanza de los estudiantes. No obstante, aunque se propone como soporte de la metodología, esto no significa que el modelo de dominio deba estar compuesto únicamente por un modelo conceptual, sino más bien, que el conocimiento del modelo de dominio debe estar en relación al modelo conceptual. Así, dicho modelo, puede estar compuesto por conjuntos de pares pregunta-respuesta, y que cada par se relacione con una parte del modelo conceptual que forma parte del modelo de dominio.

Este enfoque tiene la ventaja de que facilita la evaluación de la asimilación realizada por un estudiante o un conjunto de estudiantes del modelo de dominio al restringir el foco de la evaluación a la observación de la adquisición de los conceptos relevantes del área de conocimiento y la evaluación de sus relaciones. De hecho, este enfoque está basado en la teoría de Ausubel del aprendizaje significativo (Ausubel, 1963) y su aplicación posterior mediante el uso de mapas conceptuales expuesta por Novak & Gowin (1984).

En particular, como ya se ha dicho, un modelo conceptual usado como modelo de dominio está compuesto por un conjunto de conceptos relevantes para el área que se trate y una serie de relaciones entre los mismos. Lo ideal sería que el modelo conceptual pudiese ser extraído directamente del contenido textual de la materia que se trate. A este respecto, aunque no se conocen sistemas que realicen un tal procesamiento, existen enfoques relativamente flexibles como el realizado en el trabajo de Pérez-Marín (2007), en el que se generan modelos conceptuales a partir de pares pregunta-respuesta, o enfoques más directos como el de Anohina & Grundspenkis (2008), en el que se introducen los mapas conceptuales directamente y éstos se relacionan con el contenido específico del sistema. La idea final es poder relacionar un conjunto de conceptos con un determinado contenido textual, gráfico, tabular, etc.

5.4 Modelo del estudiante

El modelo del estudiante está compuesto por toda aquella información relativa al estudiante. En general, se pueden distinguir dos partes (Brusilovsky & Eklund, 1998): una parte dinámica y una estática. La parte dinámica es aquella parte del modelo del estudiante que puede variar, y de hecho varía para un estudiante a medida que usa el sistema de educación. La parte estática en cambio, es aquella parte del modelo del estudiante que es invariable o varía raramente durante el uso del sistema de educación.

En este trabajo nos centraremos en la parte dinámica del modelo del estudiante, ya que es la parte que permite una adaptación al usuario en función de su interacción con el sistema y, por lo tanto, está más relacionada con la metodología que se expone.

En particular, la parte dinámica del modelo del estudiante incluye la estimación del modelo conceptual del estudiante que interactúa con el curso, los indicadores de conocimiento (información introducida por el estudiante en su interacción con el sistema) y los de progreso (información calculada por el sistema en función de la interacción del estudiante con el contenido del curso). La estimación se realizará en relación al modelo conceptual esperado contenido en el modelo de dominio.

Como se ha comentado anteriormente, se puede definir el modelo conceptual estimado como una red de conceptos interrelacionados, y cada uno asociado a un valor cualitativo o cuantitativo que indique hasta qué punto el sistema de educación a distancia estima que el concepto ha sido correctamente asimilado por el estudiante, según cómo lo usa en sus respuestas proporcionadas al sistema, y en comparación a como sean usados en el modelo de dominio.

Capítulo 6

M-I2P5-E: Métodos para gestión de la interacción entre el estudiante y la capa computacional en aplicaciones en línea para Aprendizaje Híbrido

La interacción estudiante-capa computacional es una de las más importantes en los sistemas de educación a distancia en línea y, en particular, en los sistemas de Aprendizaje Híbrido, pues determina el grado en el que el estudiante se va a involucrar en un curso.

En el Capítulo 4 se identificaron tres procesos computacionales cuyos métodos de aplicación deben ser definidos para gestionar la interacción estudiante-capa computacional: "Proceso informador de la evaluación global", "Proceso evaluador local del conocimiento" y el "Proceso de enseñanza". Para cada proceso se indicarán los principios de interacción más relevantes identificados en el marco de M-I2P5 con referencia a los sistemas de Aprendizaje Híbrido, teniendo en cuenta el estado del arte del campo de Interacción Persona-Ordenador. Una vez expuestos dichos principios, se explicará, para cada uno de ellos, la estrategia o el método de aplicación que se propone con el fin de dotar al sistema objetivo del principio interactivo identificado.

El conjunto de métodos o estrategias para implantación de la gestión de la interacción entre el estudiante y la capa computacional, en el ámbito de la metodología M-I2P5, se denominará M-I2P5-E a efectos de las futuras referencias a dicho conjunto de métodos.

6.1 Proceso de Evaluación Local del Conocimiento

El proceso de evaluación local del conocimiento se encarga de capturar conocimiento del usuario y evaluarlo para poder ir construyendo poco a poco el

modelo conceptual estimado del estudiante. De esta forma, este proceso abarca un intercambio de tres flujos de información según el siguiente procedimiento:

1. La capa computacional realiza una petición de conocimiento al estudiante.
2. El estudiante responde a dicha petición provocando una captura de ciertos indicadores de conocimiento por parte de la capa computacional.
3. La capa computacional evalúa los indicadores de conocimiento y muestra cierta información de evaluación de lo capturado (evaluación local).

Desde el punto de vista de interacción, atendiendo a estos flujos de información, se han identificado los principios de interacción en relación a sistemas de Aprendizaje Híbrido que se consideran más importantes para este proceso. Los principios que se recomienda considerar son:

- **Comunicar siguiendo la metáfora del diálogo:** a semejanza de la comunicación humano-humano basada en diálogos es recomendable que la comunicación humano-máquina se asemeje también al uso de diálogos.
- **Adaptar la información presentada al estudiante:** cada estudiante, según su estilo de aprendizaje, puede manejar información distinta con distintos grados de eficacia.
- **Evitar la sobrecarga cognitiva:** la memoria de trabajo está limitada en los humanos, lo que significa que hay que poner un límite a la carga cognitiva (cantidad de recursos mentales que requiere la realización de una tarea) a que se expone a los estudiantes.
- **Proporcionar retroalimentación Inmediata:** para cada ejercicio es recomendable que el estudiante reciba información textual o visual acerca de la tarea que acaba de realizar.
- **Permitir la autoevaluación:** el estudiante debería ser un elemento activo de su propio aprendizaje, tanto para fomentar el aprendizaje significativo como la capacidad crítica, por ello es aconsejable que tenga la posibilidad de considerar una evaluación alternativa a la proporcionada por la máquina.

6.1.1 Comunicar siguiendo la metáfora del diálogo

En una comunicación directa entre entidades humanas, los interlocutores perciben los flujos de información durante el periodo de tiempo que el flujo de información tiene

lugar y, después, éste desaparece del canal de comunicación (el aire). En cambio, cuando la comunicación se produce entre una persona, y una entidad computacional, la entidad computacional se convierte en parte del canal de comunicación, ya que tanto los flujos de información que genera el programa informático como el humano pueden recogerse en una terminal de comunicación y consultarse varias veces entre intercambios de información.

Para que esta interacción sea lo más eficaz posible, es aconsejable que se siga con la metáfora implícita de diálogo, y se asigne una representación explícita tanto al sistema como al estudiante. Una forma de conseguirlo es diferenciando claramente el espacio de comunicación del sistema y el del estudiante.

La diferenciación de los espacios de comunicación de estudiante y sistema, se puede realizar de múltiples formas: se puede hacer al igual que ocurre en los cómics, asociando bocadillos a avatares (iconos que representen a cada usuario), o como en los chats en línea, por medio de líneas de comunicación asociadas a un icono gráfico que represente a cada usuario.

6.1.2 Adaptar la información presentada

Cada estudiante tiene distintas necesidades y características, tales como su propio estilo de aprendizaje, sus conocimientos previos o su motivación (Paredes, 2008). Esto hace que haya que adaptar tanto la evaluación, como el aprendizaje de los estudiantes a la situación particular de cada uno. En un curso, por ejemplo, podemos tener estudiantes que prefieran recibir la información de forma textual, y otros que la prefieran de forma visual.

Una evaluación adaptada al caso particular de un estudiante facilitará la interacción con el contenido del sistema, y la detección de aquellos conceptos que por alguna razón no han sido bien asimilados por el mismo.

Para llevar a cabo esto se propone lo siguiente:

- Realizar una evaluación adaptativa y progresiva: realizar peticiones de conocimiento cada vez más específicas (o cada vez más aclaratorias) para poder indagar acerca de qué conceptos no conoce o con los cuáles tiene problemas un estudiante. Dado que, según el modelo de datos propuesto en el Capítulo 5, cada petición de conocimiento se refiere a una parte del modelo conceptual, una evaluación fallida de una petición de conocimiento puede redirigirse a preguntar acerca de

conceptos concretos relacionados con la petición de conocimiento inicial y, de esta forma, determinar qué conceptos sabe mejor y cuales peor de los relacionados con la petición de conocimiento original.

- Representación adaptada al perfil del estudiante: habiendo identificado el estilo de aprendizaje del estudiante por medio de un test de estilos de aprendizaje (Paredes, 2008), adaptar el contenido de la información presentada en función de su perfil.

6.1.3 Evitar la sobrecarga cognitiva

La memoria de trabajo de los estudiantes está limitada tanto en tiempo como en espacio (Baddely, 2003), por ello la cantidad de recursos mentales que requiere la realización de una tarea, o carga cognitiva, debería limitarse. A este respecto, debemos distinguir dos casos: el caso en el que se sobrecarga el uso dicha memoria incluyendo demasiados elementos en una página, y el caso en el que se pide, implícita o explícitamente que se recuerden elementos introducidos en páginas o pantallas previas.

Si se incluyen demasiados elementos en una página web, el objetivo último de ésta no quedará claro y además se producirá una sobrecarga cognitiva debido al exceso de información. Esto debe evitarse. Una posible heurística es que una página con más de 8 elementos puede producir sobrecarga cognitiva (Cordero Valle & González Romano, 2004). Entiéndase aquí elemento como un grupo de información que se sitúa en una región concreta de una página web y que está claramente diferenciado del resto debido a alguna separación topológica (un espacio, cambio brusco de colores,...). A este respecto, un menú, y no cada uno de sus entradas, será un elemento, pero una imagen dentro de un texto, se considerará como un elemento.

Por otro lado, hay circunstancias en las que, al intentar mantener un hilo común entre múltiples páginas web, se hace referencia a contenido de páginas previas. Si dicho contenido no se repite en la página en cuestión, el estudiante tendrá que utilizar la capacidad de memoria a corto plazo y puede ocurrir que no contextualice bien la página que se trate por no tener en mente información relevante o por tener que realizar un esfuerzo activo para recordarlo.

Por lo tanto, para implantar este método se deben tener en consideración los siguientes principios:

- El número de elementos visuales/textuales diferentes que hay en la pantalla no debe ser mayor de 8. Si hay más hay que reducir su cantidad. Seguramente el contenido sería aconsejable distribuirlo en varias páginas.
- Si una determinada página hace referencia implícita o explícita a información proporcionada en alguna página anterior es conveniente recordarla o proporcionar algún medio para su rememoración en caso de que haga falta (p.e. una ventana auxiliar con información de contexto).

6.1.4 Proporcionar retroalimentación inmediata

Es importante que cada ejercicio que se plantee tenga una corrección. Esto es importante para poder reforzar el aprendizaje del estudiante, que podrá comprobar si adquirió bien o no un determinado conocimiento. Si se proporcionasen ejercicios a los estudiantes para los que no se diese una solución, y los estudiantes no fuesen capaces de resolverlos o no estuviesen seguros de si su solución es válida, dichos ejercicios tendrían una utilidad reducida.

En el caso de la evaluación de ejercicios, podemos identificar dos tipos de retroalimentación inmediata: una en la que indicamos que si "lo introducido" por el estudiante (los indicadores de conocimiento) es correcto o no, y otra, más elaborada, en la que se proporciona una justificación del grado de corrección.

La evaluación inmediata de indicadores de conocimiento de los estudiantes, dependerá de la naturaleza de dichos indicadores y de la petición de conocimiento que suscitó su introducción. Este es un tema de investigación abierto, cuya naturaleza intrínseca podría equiparse a la construcción de una mente artificial en el caso más complejo (respuestas abiertas de texto). Sin embargo, en este trabajo, y atendiendo a la naturaleza de los sistemas de Aprendizaje Híbrido como apoyo a la docencia, la evaluación inmediata de los indicadores de conocimiento tiene más valor como medida cualitativa acerca de cómo un estudiante realiza el proceso de aprendizaje, que como medida cuantitativa exacta de evaluación de los indicadores. Teniendo en cuenta esta premisa, la autoevaluación tendrá un papel importante como medida de valoración crítica de las evaluaciones automáticas realizadas. No obstante, el método general que se propone para realizar una evaluación viable de los indicadores de conocimiento es el siguiente:

1. Recoger la información proporcionada por el estudiante de forma visual/textual.

2. Extraer los conceptos asociados a la información proporcionada por el estudiante. Este punto dependerá de la forma de los indicadores, y la relación entre la petición de conocimiento y el modelo conceptual esperado. Dicha relación nos indicará los conceptos relevantes, que deberían estar en los indicadores de conocimiento del estudiante.
3. Evaluar en qué grado se adquirió cada concepto identificado, para poder determinar cómo de bien ha aprendido determinado conocimiento. En este punto, se realiza una estimación del conocimiento del fragmento de modelo conceptual al que se refiere la petición de conocimiento.
4. Mostrar información visual/textual acerca del objeto de evaluación, indicando si se ha satisfecho la petición de conocimiento. Aquí se puede indicar un valor cuantitativo (un valor numérico indicando la nota asignada), o cualitativo (se adecua o no al conocimiento de referencia).

Para indicar el grado de corrección, lo ideal sería dar una justificación automáticamente generada que indicara qué parte de la respuesta del estudiante es incorrecta y por qué. Si bien esto es lo ideal, en la práctica, este tipo de generación automática es difícil de conseguir. Por ello, la forma más sencilla de implantar una justificación es mostrar una o varias respuestas prototipo introducidas por el/los profesor/es de la asignatura, y permitir que el estudiante las compare con la suya. Ahora bien, este tipo de justificación no debería ser presentada hasta que se haya estimado el conocimiento del estudiante acerca de una determinada petición de conocimiento. De lo contrario, se corre el riesgo de que el estudiante no se esfuerce en contestar ninguna petición de conocimiento porque sabe que le será dada la respuesta "correcta".

6.1.5 Permitir la autoevaluación

Si tenemos presente que el valor de este tipo de sistemas es ser un complemento de la actividad realizada en clase, más que ser un sustituto del profesor, la capacidad de autoevaluación debería ser un principio considerado en este tipo de sistemas. Por una parte, la autoevaluación convierte al estudiante en elemento activo de su propio aprendizaje al fomentar la capacidad crítica.

La autoevaluación debería permitirse una vez terminado un ciclo de evaluación de una petición de conocimiento, porque es en este momento cuando el sistema tendrá la información estimada última que corresponde a la evaluación de dicha petición. El proceso entonces podría ser como sigue:

1. El sistema según la evaluación realizada produce el resultado de retroalimentación local final (la petición de conocimiento inicial fue satisfecha o no, y en qué grado). En este punto, el estudiante, recibe la información de contexto necesaria para decidir si su respuesta es o no correcta.
2. Al estudiante se le pregunta, según la metáfora del diálogo u otra forma de pregunta, si está de acuerdo con la evaluación proporcionada por el sistema.
3. Si no está de acuerdo, entonces se modifica su calificación aunque no se pierda la calificación del sistema (tener en cuenta aquí que la idea no es examinar).
4. Si el estudiante está de acuerdo con la evaluación realizada por el sistema, no se modifica la calificación.

6.2 Proceso Informador de la Evaluación Global

El objetivo de este proceso es proporcionar retroalimentación global que, a diferencia de la retroalimentación proporcionada por el método "Evaluador Local del Conocimiento", no se refiere a una única pregunta, sino a todo el curso realizado.

En realidad, podemos considerar que este proceso es un "metaproceso" que informa acerca de un proceso de evaluación global del estudiante que ocurriría como subproducto del proceso de evaluación local. En la práctica, este proceso informa al estudiante acerca de cómo se están asimilando los conceptos del curso y cómo está realizando su proceso de aprendizaje.

Los principios de interacción persona-ordenador que se consideran más importantes para el proceso informador de la evaluación global son:

1. **Proporcionar la información según un enfoque multimodal:** que la información se pueda representar en múltiples vistas o perspectivas, de forma que cada vista permita incidir en distintos aspectos de la misma información, y que si una vista no se sabe interpretar se puedan examinar otras vistas con información de evaluación.
2. **Resumir la información global:** igual que en el caso de la información local, y más relevante aún en este caso, al ser una retroalimentación a nivel global, es necesario mostrar al estudiante sólo aquello que es más relevante.

3. **Justificar la evaluación:** la evaluación sumativa sólo tiene sentido para clasificar estudiantes o etiquetarlos. Si el objetivo es, como en los sistemas de Aprendizaje Híbrido, evaluación formativa, es imprescindible justificar la evaluación realizada.
4. **Presentar indicadores de estado:** a nivel global del curso el estudiante debe conocer el grado de completitud tanto de lectura de contenido teórico, como de ejercicios superados, o ejercicios que aún faltan, e incluso prerequisites de contenido. En definitiva, el estado en el que se encuentra el estudiante con respecto a la ejecución del curso.
5. **Permitir la revisión de lo realizado:** para ello se proveerá de un histórico con los ejercicios realizados. En el histórico se guarda aquel contenido que se considera superado por el estudiante tanto desde un punto de vista teórico (leído ya) como práctico (ejercicio realizado correctamente).

6.2.1 Proporcionar la información según un enfoque multimodal

Representar la información desde múltiples vistas, permite que el usuario pueda visualizar la misma información atendiendo a diferentes perspectivas. Asimismo, es un tipo de adaptación que permite que un número más amplio de individuos interactúen con la información de evaluación. Cada estudiante presentará unas características individuales que determinarán como prefiere que se le muestre la información. Permitir el acceso a más formatos de la misma información, en general redundará en una mayor comprensión de la evaluación realizada.

Lo primero que habría que hacer es detectar en qué formatos es susceptible de ser representada la información, con el fin de poder establecer los distintos modos en que puede mostrarse. Ejemplos de formatos que se pueden utilizar para representar información son: un formato gráfico (grafos, dibujos, etc.), un formato tabular o un formato enteramente textual (solo líneas de texto).

De acuerdo al modelo de datos que se ha establecido, una parte de la evaluación, con independencia de que se muestre otra información de evaluación, se debería centrar en el modelo conceptual estimado del estudiante, ya que es la representación que aún, según la metodología M-I2P5, los aspectos de evaluación global de una forma integral. En particular, se tratará de representar una serie de conceptos y las relaciones que se establecen entre ellos, mostrando cómo han sido estimados por el sistema y, si es posible, relacionándolos con las respuestas realizadas

por los estudiantes, de forma que se pueda verificar cómo ha sido evaluada cada parte del modelo.

Los formatos para representar un modelo conceptual, podrían ser:

- Un mapa conceptual: representa gráficamente los conceptos y sus relaciones. Se puede incluir información asociada añadiendo hiperenlaces sobre los conceptos y las relaciones.
- Diagrama conceptual: formato tabular en el que principalmente se mostrarán los conceptos agrupados por unidades temáticas. También pueden añadirse hiperenlaces sobre los conceptos con información asociada.
- Un resumen textual: en el que se indiquen qué conceptos son mejor y peor conocidos.

6.2.2 Resumir la información global

La memoria de trabajo de los usuarios es limitada (Baddely, 2003), por ello debe evitarse la sobrecarga cognitiva limitando el número de elementos que se le presentan al usuario (Shneiderman, 1986). En el caso de la presentación de información global, hay mucha información que debe ser mostrada y, si no se segmenta de alguna manera, el resultado final es que el usuario recibe tanta información que, o puede ser que no consiga entenderla, o que se sienta abrumado por el exceso de información.

Para resumir la información que se va a presentar al estudiante se pueden aplicar dos estrategias:

- Segmentar la información en varias páginas, agrupando fragmentos relacionados de información de evaluación. A este respecto, se sugiere que la información al menos se segmente en unidades temáticas, ya que suele ser éste el ámbito en el que los ejercicios/teorías se desarrollan.
- Limitar la información que se muestre a la información que sea claramente relevante, evitando presentar aquella información que, por desconocimiento o falta de información, no haya podido ser correctamente evaluada. En el caso de la presentación del modelo conceptual, dicha presentación se limitará a mostrar sólo aquellos conceptos que el estudiante haya usado o contestado, y por lo tanto están dentro de la estimación, y se evitará presentar aquellos conceptos que están en el modelo conceptual

esperado, pero que o bien el estudiante aun no ha utilizado, o bien el sistema aun no ha podido determinar si conoce bien o mal.

6.2.3 Justificar la evaluación

Ya se ha dicho que la utilización de sistemas informáticos para Aprendizaje Híbrido tiene un valor de complemento a la actividad docente externa al sistema informático. Por ello, el objetivo de estos sistemas no será, en la mayoría de los casos, realizar una evaluación sumativa (asignar una determinada calificación a la actividad desarrollada por el estudiante), sino realizar una evaluación formativa (que la evaluación realizada sirva como medio de formación a la vez que de estimación de conocimientos), de forma que así la evaluación tenga un valor para el aprendizaje y desarrollo del estudiante.

Si lo que interesa es sobre todo la evaluación formativa, y menos la sumativa, la justificación de la evaluación realizada, es importante, ya que permitirá al estudiante identificar qué es lo que sabe, y más importante aún, qué es lo que no sabe. Así, sería importante que se identificasen aquellos aspectos de su conocimiento que no son correctos y, atendiendo al principio de resumen de la información enunciado en el Apartado 6.2.2, se presentaran resumidos para la exploración por parte del estudiante.

Para ver cuáles son los aspectos incorrectos del conocimiento de los estudiantes, exploremos los tipos de errores que los estudiantes comenten al responder a peticiones de conocimiento, que sería el medio principal del cual obtiene un sistema informático su información de evaluación:

1. El estudiante contesta en blanco. Puede ser tanto por ignorancia como por falta de motivación.
2. Contesta mal. Puede deberse a una combinación de las siguientes opciones:
 - a. El estudiante usa un concepto en un contexto erróneo.
 - b. El estudiante estableció una relación entre conceptos equivocada.
3. Contesta bien, pero de forma incompleta: El estudiante desconoce ciertos conceptos o relaciones.

Una abstracción razonable de estos errores en forma de informe de evaluación será una representación de su modelo conceptual estimado. En dicho modelo, se podrá representar con algún código (de color, numérico o gráfico) qué conceptos se conocen mejor y cuales peor, y se podrá enlazar cada concepto y relación con el contexto o contenido que lo explica. De esta forma, aquellos conceptos que el

estudiante vea que son erróneos tendrán una justificación accesible por medio de hiperenlaces. Este tipo de justificación, además, tiene la ventaja de estar adaptada a la necesidad del estudiante, que accederá o no la información de un determinado concepto en función de su interés de conocimiento y sus carencias cognoscitivas. Por otro lado, cumple el principio de no desbordamiento cognitivo, ya que primero se presentan solo los conceptos que conoce bien o mal, y después se puede acceder su justificación.

6.2.4 Presentar indicadores de estado

Uno de los elementos que intervienen en los procesos de interacción es el estado de una operación. En el caso de los sistemas de educación, el proceso de enseñanza y evaluación tiene un estado que se debe mostrar al estudiante con el fin de que pueda consultar cuál ha sido su progreso y en qué estado se encuentra su aprendizaje y/o su evaluación.

Podemos distinguir varios tipos de estado a mostrar a los estudiantes de un sistema de Aprendizaje Híbrido en línea:

- **Indicadores de progreso de ejecución del curso:** cuántas preguntas/ejercicios ha realizado. Se trata de dar una estimación.
- **Nivel de conocimientos del estudiante.** Esta opción aparece en aquellos sistemas en los que las peticiones de conocimiento se organizan por niveles de dificultad, de forma que un estudiante solo puede responder peticiones de su mismo nivel de dificultad (p.e. bajo, medio, alto).
- **Estado de acceso a ciertos contenidos del curso.** Hay sistemas en los que el acceso a cierto contenido depende de haber visitado/realizado otro contenido previo. El contenido no accesible puede desaparecer (de forma que no se sobrecargue de información al estudiante) o aparecer con un icono que indique que no es accesible (para aumentar la motivación de los estudiantes).

Aparte del estado individual del estudiante, puede mostrarse su estado en relación al estado del grupo de estudio al que pertenezca, con el fin de aumentar su motivación al ver su progreso en relación con su clase, de forma que, si está por debajo, le sirva como incentivo para alcanzar el nivel global, y si está por encima como retroalimentación positiva de su trabajo.

Por otra parte, hay que considerar cuándo y cómo incluir indicadores de estado. Hay distinciones en cuanto a los tipos de indicadores:

- Indicadores de progreso de ejecución del curso: al ser elementos genéricos para trazar el proceso de enseñanza y evaluación, deberían mostrarse integrados con el resto de elementos de contenidos. Por ejemplo, si un curso está estructurado en temas, sería conveniente incluir el porcentaje de completitud próximo al nombre del tema, más que (sólo) incluir una página aparte que lo indique.
- Nivel de conocimientos del estudiante: esta información puntual debería incluirse en una página aparte, o en una barra de estado. Además, sería conveniente que cada vez que fuese actualizado se indicase en la página de retroalimentación local correspondiente, dado que es un elemento que varía en función de un evento que no ocurre cada interacción (por ejemplo, que se completen X preguntas)
- Estado de los contenidos del curso: al igual que los indicadores de progreso, la mejor opción es que se integren con el resto de contenidos, y sean visibles cada vez que se accedan los contenidos.

En general, el acceso de estos indicadores debería ser lo más inmediato que permita la interfaz. Asimismo, el cálculo de dichos indicadores debería ser realizado en tiempo real, y nunca diferido, de lo contrario su utilidad se vería reducida.

6.2.5 Permitir la revisión de lo realizado

El trabajo del estudiante es un elemento que debería ser susceptible de monitorización por el estudiante, para que pueda aprender de sus respuestas previas a peticiones específicas de conocimiento.

Para realizar dicha monitorización, un elemento idóneo es dotar al sistema de Aprendizaje Híbrido de un histórico u otros mecanismos con capacidad histórica. En el primer caso se tratará de incluir una serie de páginas con información, preferiblemente agrupada para reducir la carga cognitiva, con pares petición de conocimiento-respuesta del estudiante. En el segundo caso, similar al anterior, se tratará de marcar los contenidos con los ya nombrados pares petición-respuesta.

La utilidad del histórico dependerá de que se pueda acceder en cualquier momento el trabajo realizado.

6.3 Proceso de Enseñanza de Conceptos

El objetivo de este método es complementar el proceso de evaluación educativo con explicaciones adicionales para que la interacción estudiante-capa computacional no se limite a que el estudiante responda a peticiones de conocimiento realizadas por el sistema (el sistema inicia la interacción), sino que también el estudiante pueda preguntar al sistema (el estudiante inicia la interacción).

Los principios para mejorar la interacción que se deberán tener en cuenta en la codificación de este proceso son:

1. **Fomentar el anclaje de nueva información con la existente:** la información nueva que se proporcione debe estar relacionada con la previa, de forma que se permita el establecimiento de conexiones con conceptos anteriormente adquiridos y así se fomente el aprendizaje significativo.
2. **Generar explicaciones locales ante dudas concretas:** es recomendable proporcionar información particular ante las dudas que presente en cada momento el estudiante.
3. **No mostrar información no relevante:** teniendo en cuenta el límite de la capacidad cognitiva humana y el límite de capacidad de atención, no se debe desviar la atención del estudiante hacia otros aspectos.
4. **Fomentar el aprendizaje a partir de los propios errores:** a partir de la propia evaluación del sistema el estudiante puede aprender centrándose en los aspectos que le resultan especialmente problemáticos.
5. **Mostrar información multimodal adaptada al estudiante:** no todos los estudiantes comprenden los conceptos con la primera explicación que se les proporciona, ya que cada estudiante posee una capacidad específica de aprendizaje; por ello, siempre que se proporcione una información debería haber al menos una explicación alternativa (en otro modo y/o en otro formato) que pueda subsanar un error de comprensión por parte del estudiante.

6.3.1 Proporcionar nueva información en base a la existente

De acuerdo a Ausubel, Novak y Hanesian (1989), el aprendizaje significativo se construye sobre las ideas previas ya que el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el estudiante ya sabe.

A este respecto, entonces, la detección de las ideas previas es un aspecto imprescindible si se pretenden desarrollar procesos de aprendizaje que conduzcan a la construcción de aprendizajes significativos. Para la detección de ideas previas, una herramienta común es el "cuestionario de ideas previas", que debería realizarse al inicio de curso (Sánchez-Delgado, 2008).

Por otra parte, el aprendizaje significativo presupone que el material debe poseer significatividad lógica (Sánchez-Delgado, 2008). A este respecto, los mapas conceptuales contribuyen a organizar el material de aprendizaje con significatividad lógica y a representarlo de modo que se facilita la relación de conceptos previos con los que el estudiante ya posee.

No obstante, según el modelo de datos que se expuso en el Capítulo 5, basado en modelos conceptuales, el uso de mapas conceptuales derivados a partir del modelo de dominio surge como posibilidad añadida para el aprendizaje. Detectando los conceptos que ya posee el estudiante (a partir del cuestionario de ideas previas diseñado por el profesor), se podrán proporcionar nuevos conceptos a los estudiantes (con contenido asociado a los nodos) de forma que puedan asociarse a los conceptos previos que éste posea.

Además, la información que se suministre al estudiante deberá tener alguna conexión con la información (los conceptos) que posea el estudiante, de forma que no se proporcionen nuevos conceptos si no se tiene un ancla con conceptos previos ya estudiados. Esto puede reflejarse fundamentalmente de dos formas:

- Estableciendo una secuencia lógica para la presentación de los contenidos, presentando primero aquellos temas o unidades que harán falta para otras unidades que deberán presentarse posteriormente.
- Estableciendo prerequisites de acceso a los contenidos, de forma que si el estudiante no realiza un determinado recorrido, o si el sistema estima que el estudiante no posee cierto conocimiento, el acceso a información "no asimilable" no le sea accesible.

6.3.2 Generar explicaciones locales ante dudas concretas

Las dudas que pueden tener los estudiantes pueden ser diversa índole. Sin embargo, desde el punto de vista de interacción, interesa que las dudas que se planteen al sistema sean significativas para el aprendizaje del estudiante. Las dudas serán significativas si se refieren a conceptos o relaciones de conceptos que están identificados en el modelo conceptual esperado que forma parte del modelo de dominio del curso.

Ahora bien, ¿cómo se permite al estudiante realizar preguntas concretas al sistema? Esta pregunta puede tener diversas soluciones en función del sistema que la considere e implante. Si utilizamos una representación compacta de los conceptos que debería tener el estudiante en relación a los que ya sabe, podemos hacer que el estudiante plantee dudas al sistema de Aprendizaje Híbrido pulsando simplemente en aquellos conceptos o relaciones que no entiende. Dado que el sistema posee información al tener asociado un modelo conceptual del dominio con el contenido específico del curso, también se puede mostrar la información asociada a los conceptos o relaciones que el estudiante desee.

Un modelo conceptual se puede representar en múltiples formatos: mapa conceptual, diagrama conceptual, resumen textual, etc. Además, esta técnica podría combinarse con la sugerida para el proceso informador de la evaluación global, ya que, en esencia, es muy similar.

Por otro lado, alguien puede preguntarse por qué no dejar al estudiante formular la pregunta en lenguaje natural. Este supone el máximo grado de interacción, y sería deseable. Sin embargo, actualmente, las técnicas de Procesamiento del Lenguaje Natural no están lo suficientemente avanzadas como para poder resolver consultas de contexto abierto de forma inespecífica. De hecho, la desambiguación de sentidos de palabras y del contexto pragmático, pueden dar lugar a respuestas ineficaces que más que ayudar a la interacción la imposibilitarían (Mitkov, 2003). No obstante, aunque una solución general a este problema no es posible, sí hay soluciones parciales que dependiendo del contexto pueden funcionar. Técnicas de emparejamiento de palabras clave (Srihari *et al.*, 2000) o de emparejamiento con plantillas (Hirschman & Gaizauskas, 2001), son ejemplos de técnicas relativamente simples que en contextos acotados pueden dar resultados aceptables.

6.3.3 No mostrar información poco relevante

Seleccionar en cada parte del curso qué información es irrelevante para el proceso actual de aprendizaje y no mostrarla en pantalla a no ser que el estudiante así lo solicite, puesto que quiera profundizar en el estudio de dicho material.

De esta forma, se sigue la idea de evitar la sobrecarga cognitiva, y se centra la atención del estudiante en los aspectos o puntos más relevantes, evitando mostrar al estudiante pantallas con excesiva cantidad de información. A partir de la información relevante mostrada debido a la implantación de este método se pueden anclar nuevos conceptos, lo que fomentará el aprendizaje significativo de nuevos conceptos.

6.3.4 Fomentar el aprendizaje a partir de los propios errores

Cuando un profesor detecta que un estudiante posee una concepción errónea acerca de un concepto, intenta explicarle el motivo de su error para así reconfigurar su conocimiento. Este mismo proceso debería darse en un sistema educativo que intente adaptarse al usuario.

En particular, aprovechando la información proporcionada por el proceso de evaluación local acerca del conocimiento del estudiante, cuando se detecte que un determinado concepto se usa de forma incorrecta, sería conveniente que se identificase para indicársele al estudiante posteriormente. De hecho, sería muy conveniente que los conceptos mal comprendidos por un conjunto significativo de estudiantes, se explicasen en una pantalla generada con el propósito de mostrar aquellos errores conceptuales mostrados por los estudiantes, donde éstos pudiesen consultar las entradas que el sistema fuese publicando a medida que identificase errores de uso de concepto generales.

6.3.5 Mostrar información multimodal adaptada al estudiante

En el proceso de enseñanza de conceptos, los estudiantes pueden no entender una determinada información al mostrárseles en un determinado formato de presentación. No es inusual, que una definición o explicación de un determinado concepto parezca oscura en una primera aproximación para un estudiante. En general, este tipo de situaciones se resuelven proporcionando explicaciones alternativas que, al mostrar aspectos diferentes de un mismo concepto, permiten la comprensión de las explicaciones.

Por ello, es importante que la información que se presente al estudiante (y en general toda aquella información compleja) se realice de forma que tenga múltiples representaciones o aclaraciones al respecto. De hecho, sería conveniente que las aclaraciones se realizasen de modos diferentes tanto en presentación como en explicación (por ejemplo, presentar un diagrama y una explicación textual con los pasos que comprende una determinada actividad).

Capítulo 7

M-I2P5-P: Métodos para gestión de la interacción entre el profesor y la capa computacional en aplicaciones en línea para Aprendizaje Híbrido

Gestionar correctamente la interacción profesor-capa computacional es fundamental para evitar que el profesor se sienta abrumado por una enorme cantidad de trabajo, y/o que, por falta de conocimiento técnico, evite emprender iniciativas de Aprendizaje Híbrido y, por lo tanto, no se aprovechen sus beneficios.

Esta gestión de la interacción se centra en dos grandes aspectos: la creación y manipulación de los contenidos del curso (Proceso Capturador del Modelo de Dominio), y la actividad de monitorización del progreso de los estudiantes durante el desarrollo de un curso (Proceso de Monitorización del Estudiante).

En cuanto al primer aspecto, tenemos que considerar que los profesores poseen un extenso y firme conocimiento del modelo del dominio de un determinado curso, mientras que los estudiantes no. Por otra parte, los profesores tenderán a utilizar la aplicación de Aprendizaje Híbrido en línea varias veces a lo largo de su trayectoria docente, si la experiencia resultante les resulta satisfactoria. Sin embargo, mientras los estudiantes aprenden rápidamente el funcionamiento de una determinada interfaz en línea, los profesores tienden a presentar periodos más largos de aprendizaje (Muir-Herzig, 2004; Brand, 1998). Estos dos hechos hacen que la interacción entre el profesor y la capa computacional deba ser facilitada para permitir la modificación de contenidos a lo largo del tiempo, y para minimizar el tiempo de aprendizaje de la interfaz por parte de los profesores (en general, aprovechando el conocimiento que poseen acerca de otras herramientas).

En cuanto al aspecto de monitorización, el objetivo de la gestión de la interacción profesor-capa computacional es que el profesor no se encuentre ante

complicados registros de actividad (logs) que no entiende, y por lo tanto no usa (Mazza & Dimitrova, 2005). La monitorización consistirá entonces en proporcionar al profesor información de seguimiento de los estudiantes, tanto en forma comprensible, proporcionando formatos de representación adecuados, como información actual y fácilmente accesible.

Para conseguir todo esto, en este capítulo se recoge, para los dos procesos identificados (Capturador del Modelo de Dominio y de Monitorización del Estudiante), los principios de interacción que se consideran más relevantes atendiendo a las características particulares enunciadas en esta introducción. Una vez identificados los principios se indicarán las estrategias o métodos que pueden ser utilizados para aplicarlos en un determinado sistema de Aprendizaje Híbrido en línea.

El conjunto de principios de interacción y métodos identificados en este capítulo como parte de la metodología M-I2P5, se referirán de aquí en adelante como M-I2P5-P.

7.1 Proceso Capturador del Modelo de Dominio

El proceso Capturador del Modelo de Dominio es el encargado de capturar la información de contenido de la aplicación tal como la introduce el profesor. Dicha información es utilizada para construir el modelo de dominio y, en particular para construir el modelo conceptual esperado que forma parte de dicho modelo de dominio, tal como se expuso en el Capítulo 5.

Los principios de diseño de la interacción que se consideran más relevantes para el diseño de la gestión de la interacción del Proceso Capturador del Modelo de Dominio son:

1. **Permitir el uso de herramientas de edición ya conocidas:** se debe dotar al sistema objetivo de capacidades que permitan utilizar el trabajo desarrollado en herramientas conocidas (como Microsoft Word, Notepad, etc.). Esto es importante para minimizar el tiempo de aprendizaje del sistema y facilitar la integración con rutinas de trabajo conocidas.
2. **Permitir la modificación del contenido del curso actualizando el modelo del estudiante y de dominio:** si un profesor quiere añadir/eliminar/modificar cualquier información del curso se le debe permitir, así como actualizar automáticamente el resto de información el sistema tanto a nivel de los modelos de usuario como de estudiantes.

3. **Jerarquizar de forma natural la estructura de los cursos:** los profesores en sus cursos tradicionales tienen una estructura en sus cursos que se debe permitir que mantengan en el sistema web / plantilla curso en el sistema informático.
4. **Limitar la información de edición en cada pantalla:** al realizar la edición de contenidos con un sistema informático, el profesor debe centrar su atención en la edición de un determinado tipo de elementos en cada paso (por ejemplo: preséntese 1 pregunta en la pantalla en lugar de 5, evitar que se haga scroll, etc.).
5. **Permitir contenido multimedia:** facilitar la introducción de diversos tipos de elementos en el modelo de dominio. Por ejemplo, no solo texto, sino imágenes, vídeos, etc. que enriquezcan el curso.

7.1.1 Permitir el uso de herramientas de edición ya conocidas

La gestión de la introducción de contenidos para un curso se puede hacer a través de un sistema específico que gestione dicha introducción, esto es, una herramienta de autor. Sin embargo, el aprendizaje de interfaces de usuario nuevas tiene asociado un tiempo de familiarización que, en el caso de herramientas de autor puede ser elevado, y puede suponer que el profesor de un curso decida no utilizarlo, al no disponer de tiempo para aprender la idiosincrasia específica de la aplicación. Por ello, es de vital importancia aprovechar los conocimientos que los usuarios poseen acerca de herramientas conocidas, como pueden ser procesadores de texto convencionales (Word, Notepad,...), para optimizar la experiencia de usuario y la gestión de los conocimientos.

Se propone entonces que la herramienta de autor que se utilice para introducir conocimientos al curso, permitiendo la introducción de conocimientos por medio de ficheros escritos en una aplicación externa y que pueda ser de uso común para los usuarios. Será de especial interés permitir el uso de formatos de texto plano (por su facilidad de procesamiento), .html y/o .doc (ya que permiten la inclusión de elementos multimedia).

Los ficheros que se creen deberán tener un esquema común (una plantilla) que pueda ser procesado sin ambigüedad por parte de la aplicación. Además, el contenido de dicho fichero, una vez se introduzca en el sistema de Aprendizaje Híbrido deberá ser modificable al menos con la herramienta de autor que posea dicho sistema. De hecho, es deseable que los contenidos se puedan descargar a un fichero

para poder ser modificados posteriormente en una aplicación de uso conocido por el profesor o autor del curso.

7.1.2 Permitir la modificación del contenido del curso actualizando el modelo de dominio y de usuario

La modificación del contenido de un curso modifica el modelo de dominio del mismo.

Las modificaciones de un curso pueden ser de distinto tipo:

- Introducción de nueva información (caso más común)
- Eliminación de información
- Modificación de información

Asimismo, las modificaciones se pueden presentar según dos circunstancias:

- Modificación del contenido durante la creación del curso, antes de que el contenido sea accedido por parte los estudiantes.
- Modificación del contenido una vez que los estudiantes han accedido al curso y, por lo tanto, hay modelos de usuario que dependen del modelo de dominio.

La modificación del contenido de un curso una vez introducido implica cambiar el modelo de dominio. Además, en función del tipo de modificación, puede suponer cambiar la parte dinámica del modelo del estudiante que se estima en función del modelo de dominio y de las respuestas del usuario. Este último caso ocurre cuando se produce una eliminación de información o una modificación del contenido, pero no cuando se introduce información nueva.

En general, los profesores deberían evitar modificar el contenido de un curso una vez introducido, pero si se realiza una modificación (porque la capa computacional lo permite), dicha modificación debe actualizar los modelos de dominio y de usuario de todos los estudiantes. De lo contrario se crearía una inconsistencia en dichos modelos con respecto al contenido, y la interacción se vería afectada.

7.1.3 Jerarquizar la estructura de los cursos

Las clases tradicionales suelen organizarse en temas o unidades didácticas. Dicha estructura, que surge naturalmente de la organización del conocimiento de un curso, debe potenciarse tanto al planear la plantilla, que podrán rellenar los profesores (en el caso de aplicar este principio), como de organizar la infraestructura de creación de contenidos.

A este respecto, se aconseja la inclusión de elementos para crear, al menos, temas de contenido o evaluación, y que cada tema se pueda relacionar con un conjunto de apartados o ejercicios, de forma que así el contenido quede dividido en unidades de contenido naturales.

En el caso de una herramienta de autor para introducir contenido, esta jerarquización intrínseca deberá mostrarse incluyendo elementos que permitan mostrar los temas disponibles, y que permita crear nuevos temas. Asimismo, habrá elementos para crear ejercicios (peticiones de conocimiento), o apartados elementales de contenido (unidades básicas de contenido).

7.1.4 Limitar la información en pantalla

Como ya se ha comentado previamente, es importante limitar la información que se muestra en pantalla para evitar desbordar cognitivamente a los usuarios de un sistema objetivo. En particular, cuando hablamos de contenidos, es importante fragmentar la información que se le muestra al profesor acerca de las peticiones de conocimiento o contenido que ha introducido en un determinado sistema objetivo. Por lo tanto, es importante paginar el contenido y agruparlo de forma coherente (por ejemplo, contenido teórico y ejercicios prácticos, o agrupaciones por temas,...), de forma que se logre limitar el contenido que se le muestra a un determinado profesor.

7.1.5 Permitir contenido multimedia

El contenido de un curso debería ser diverso e incluir, siempre que sea posible, elementos multimedia (Rodríguez-Ardura & Ryan, 2001; Marquès Graells, 1995). La diversidad de la información que se presenta permite mantener la atención del estudiante, evitando su cansancio al activar varios de sus sentidos y cambiar la monotonía de un único tipo de información.

Por ello, se debe permitir que los profesores incluyan contenido multimedia en sus cursos, proporcionando los medios necesarios que permitan incluirlo (páginas para subir archivos multimedia, enlaces a otras páginas, etc.).

La implantación de este método, no obstante, afecta a la interacción de estudiante-capacapa computacional, ya que cuando se presente el contenido multimedia, deberá asegurarse que el contenido multimedia que se permita subir se podrá reproducir en el navegador del estudiante. Por este motivo, es aconsejable permitir solo aquellos formatos multimedia de uso más extendido, o realizar conversiones de los archivos multimedia que se suban al servidor para adaptarlos a la reproducción futura.

7.2 Proceso de Monitorización del Estudiante

El proceso de monitorización del estudiante permite que un profesor monitorice la actividad de un estudiante o un grupo de estudiantes que han interactuado con la capa computacional para aprender o evaluar una serie de conocimientos.

Los principios que se aplicarán son los siguientes:

1. **Proporcionar la información de rendimiento del estudiante agrupada** por estudiante y grupos de estudiantes: la información se debe agrupar para cada estudiante o cualquier grupo que le interese al profesor (por ejemplo, estudiantes que estén teniendo dificultades).
2. **Proporcionar Información completa y multimodal:** la información de rendimiento y conocimiento del estudiante se debe mostrar en varios formatos complementarios, de forma que se permita una visión integral del conocimiento del estudiante en relación al uso que haga del sistema (conviene entonces mostrar indicadores de progreso, de conocimiento y de aprovechamiento/rendimiento de uso del sistema).
3. **Garantizar que la información esté actualizada:** la monitorización del estudiante debe ser en tiempo real para que las conclusiones que saque el profesor y las acciones que lleva a cabo sean correctas.
4. **Dar la posibilidad de elegir el nivel de detalle:** a diferencia del estudiante, el profesor debe tener la capacidad de llegar al máximo nivel de información disponible en cada diagrama y sobre todos y cada uno de los estudiantes.
5. **Permitir la generación automáticamente informes:** integrar la automatización del envío de informes de rendimiento por ejemplo a su correo, permitiendo la integración de dichos informes en su rutina diaria.

7.2.1 Proporcionar la información de rendimiento agrupada por estudiante o por grupo de estudiantes

A un profesor le interesará realizar el seguimiento de un estudiante particular o bien el seguimiento de subgrupos de estudiantes con características concretas. Por ello, es útil que un sistema de monitorización permita mostrar información de rendimiento y conocimiento tanto de estudiantes individuales como de grupos arbitrarios de estudiantes. En particular, es de especial interés permitir mostrar información de monitorización de todos los estudiantes de una clase, ya que dicha información

permitirá al profesor identificar errores comunes de todos los estudiantes y la actividad realizada de los estudiantes en general, lo que le permitirá hacerse una idea del nivel general de la clase.

La selección de grupos de estudiantes puede hacerse utilizando cuadros de control (*checkboxes*), y apoyándose en elementos visuales como fotos para mostrar a los estudiantes. Asimismo, será de utilidad mostrar información de progreso de los estudiantes con el fin de que se le permita al profesor seleccionar aquellos estudiantes que tengan mayor progreso en el curso, y pueda comprobar la información de rendimiento de aquellos estudiantes más y menos aventajados.

La información de los conceptos adquiridos por un estudiante, o un grupo de ellos, puede obtenerse a partir del modelo conceptual estimado que forma parte de los “modelos de estudiante” de los estudiantes.

7.2.2 Proporcionar información completa y multimodal

La información que se le muestre al profesor debe poder ser vista desde múltiples perspectivas o modos. Además, dada la necesidad de monitorización de las actividades de los estudiantes, debería incluirse información diversa que incluyese los principales tipos de datos de monitorización.

Los tipos de información de monitorización que pueden mostrarse son:

- Indicadores de progreso de cada estudiante en relación a la completitud del curso o los elementos del curso.
- Información de conocimientos o del grado de adquisición de conceptos (modelos conceptuales).
- Información de rendimiento en el uso de sistema y acceso a los contenidos.

Estos tipos de información muestran información complementaria acerca del rendimiento de los estudiantes en la realización del curso, y deberían ser contemplados en mayor o menor grado en los sistemas de Aprendizaje Híbrido. Por otra parte, tal como se ha considerado en circunstancias similares de evaluación en apartados previos, la información que pueda (sobre todo indicadores de conocimiento) debería mostrarse de forma multimodal, ya que cada modo de representación pone énfasis en un cierto aspecto de la información asociado a los datos que se representan y permiten ver representaciones parejas de una misma información.

La información de conocimiento de los estudiantes, puede presentarse de igual forma que se les muestra a los estudiantes, de esta forma se consigue que el modelo del estudiante se convierta en un modelo abierto (Bull & Nghiem, 2002; Dimitrova, 2001).

Al igual que se indicó para el proceso informador de evaluación global, la forma más compacta de mostrar el conocimiento relevante de los estudiantes es mediante representaciones del modelo conceptual estimado de los estudiantes. En particular, la presentación de la evaluación en forma de mapa conceptual será de especial importancia ya que dicha representación recoge gráficamente toda la información relevante del conocimiento de un estudiante, sin tener que acceder a las evaluaciones particulares de las peticiones de conocimiento que se hayan podido realizar por el sistema. Dicha información se podrá complementar, para contextualizarla, con los indicadores de progreso del estudiante, que permitirán conocer si un estudiante, ha adquirido pocos conceptos porque ha realizado solo una pequeña parte del curso, o porque desconoce los conceptos del mismo (en caso de que haya realizado gran parte de la evaluación del curso pero sin éxito).

La información de rendimiento servirá para dar una idea acerca de la motivación de los estudiantes y su forma de aprendizaje. Aquellos estudiantes más motivados utilizarán asiduamente el sistema, mientras que los menos motivados se limitarán al cumplimiento rápido de las tareas asignadas.

7.2.3 Garantizar que la información esté actualizada

La información de monitorización, para que sea útil al profesor no puede mostrarse desactualizada. Esta información debe ser fiel al proceso de aprendizaje actual de los estudiantes, de lo contrario, las conclusiones y las premisas sobre el aprendizaje del estudiante, que concluya el profesor no serán válidas.

Por ello, la información que se muestre debe estar actualizada en tiempo real, pero si no es posible, que al menos la información incluya el tiempo en que ésta fue calculada.

En general, se debe intentar proporcionar un método automático de actualización para evitar que sea el profesor el que tenga que ir actualizando la información, lo cual reduciría la usabilidad del sistema y por lo tanto la interacción se vería disminuida. Por ejemplo, imagínese que hay que actualizar la información de un elevado número de estudiantes en una clase uno a uno.

7.2.4 Permitir elegir el nivel de detalle de la información

En general mostrar al profesor una traza detallada de los registros de la aplicación es desaconsejable. La información será demasiado verbosa y abundante, lo que provocará una sobrecarga cognitiva al profesor.

En su lugar, es mejor permitir al profesor ver únicamente una visión global de cada representación de rendimiento. O bien, si desea un mayor nivel de detalle, permitirle que acceda a dicha información, a partir de la vista en la que se encuentre. Por ejemplo, en una gráfica de accesos, al pulsar sobre una barra perteneciente a un día concreto que se muestre una página que recoja información detallada de qué estudiantes accedieron al sistema, durante cuánto tiempo,..., pero siempre mostrándolo en un formato comprensible (Mazza & Dimitrova, 2005) en el que se muestre la información agrupada y sólo aquella información que le vaya a ser comprensible y útil al profesor.

7.2.5 Permitir la generación automática de informes

La información de monitorización abarca una gran cantidad de datos tanto para un estudiante individual como para un grupo determinado. La generación de un informe completo de todos los estudiantes, y de grupo completo de clase puede ser una actividad costosa si no se proporcionan facilidades para ello. Asimismo, a un profesor puede interesarle realizar una monitorización de sus estudiantes cada cierto número de días, con el fin de poder verificar el grado de aprovechamiento del curso. Sin embargo, puede ocurrir, que debido a su agenda, las actividades de monitorización deban restringirse a los momentos en los que pueda realizarlo.

Este tipo de actividad, que para un humano resulta costosa realizarla manualmente, pero que puede ser fácilmente automatizada, resulta útil facilitarla como parte del sistema. Por ello, se propone que la generación de informes pueda generarse y enviarse automáticamente a la dirección de correo que indique un profesor, con la periodicidad deseada, integrando de esta forma la actividad de informe como una tarea habitual similar a la recepción de un periódico o de la noticias del día.

En cualquier caso, la generación de informes automáticos debería poder detenerse o cambiar sus parámetros de generación cuando el profesor desee.

Parte IV

Implementación de la Metodología M-I2P5

En esta parte se describe la aplicación de los métodos de la metodología M-I2P5 a un sistema de aprendizaje híbrido con una gestión de la interacción no planificada como parte de su diseño. Para demostrar los métodos expuestos en la Parte III, se rediseñó el sistema original (Atenea, COMOV y Editor de Preguntas de Atenea) para aplicar los métodos de M-I2P5. El rediseño de la aplicación original dio lugar a la creación de un nuevo sistema denominado Will Tools.

En particular, en el Capítulo 8 se muestra cómo se ha aplicado M-I2P5-E al sistema original y en el Capítulo 9 se muestra cómo se ha aplicado M-I2P5-P también a dicho sistema.

Capítulo 8

Implementación de la metodología de gestión de la interacción estudiante-capa computacional (M-I2P5-E)

En este capítulo nos centraremos en mostrar la aplicación práctica de M-I2P5. En particular, en este capítulo se muestra cómo se han aplicado los principios de M-I2P5-E en el sistema de Aprendizaje Híbrido en línea *Willow*, desarrollado en el departamento de Ingeniería Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid (Pérez-Marín *et al.*, 2006b).

Willow es un sistema de evaluación automática de respuestas en texto libre de forma automática (mediante técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural) y adaptativa (según el modelo conceptual de cada estudiante). *Willow* forma parte de las herramientas para Aprendizaje Híbrido en línea “*Will Tools*” que están disponibles para se accedidas en línea (Pascual-Nieto & Pérez-Marín, 2006). *Willow* es capaz de generar automáticamente modelos conceptuales de los estudiantes a partir de sus respuestas en texto libre (Pérez-Marín *et al.*, 2007b; Pérez-Marín *et al.*, 2007c). El sistema ha sido usado desde el año 2005 en su versión llamada “*Atenea*”. Esta versión se creó sin realizar una incorporación planificada de una gestión de la interacción estudiante-capa computacional. En la actualidad, *Willow* ya tiene integrada una gestión de esta interacción, utilizando los métodos definidos por la metodología de gestión de la interacción estudiante-capa computacional propuesta en este trabajo.

En los siguientes apartados se estudia cómo se han ido implementando en *Willow* cada uno de los métodos descritos para la interacción estudiante-capa computacional en relación a los procesos computacionales para dicho tipo de interacción. Estos procesos son: el proceso evaluador local del conocimiento, el proceso informador de la evaluación global y el proceso de enseñanza.

Como ejemplo de uso del sistema se ha elegido un curso de Sistemas Operativos impartido en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

8.1 Proceso de Evaluación Local del Conocimiento

Recordemos en primer lugar, como se expuso en el Capítulo 4, que el objetivo principal de este proceso es capturar conocimiento del usuario y evaluarlo para poder ir construyendo poco a poco el modelo conceptual estimado del estudiante.

A continuación se describe la aplicación específica realizada de los principios identificados en M-I2P5 en el marco de M-I2P5-E.

8.1.1 Comunicar siguiendo la metáfora del diálogo

M-I2P5-E recomienda que, a semejanza de la comunicación humano-humano basada en diálogos, la comunicación humano-máquina se asemeje al uso de diálogos. Esto significa que la interfaz del sistema educativo incluya elementos explícitos que muestren un diálogo humano-máquina.

La Figura 8-1 muestra un ejemplo de la interfaz de "Atenea" en el año 2005 en la que no estaba aplicado el principio de "comunicación siguiendo la metáfora del diálogo". La Figura 8-2, en cambio, muestra un ejemplo de la interfaz de "Willow", en el año 2008, con este principio ya implementado, de acuerdo a la especificación de M-I2P5-E.

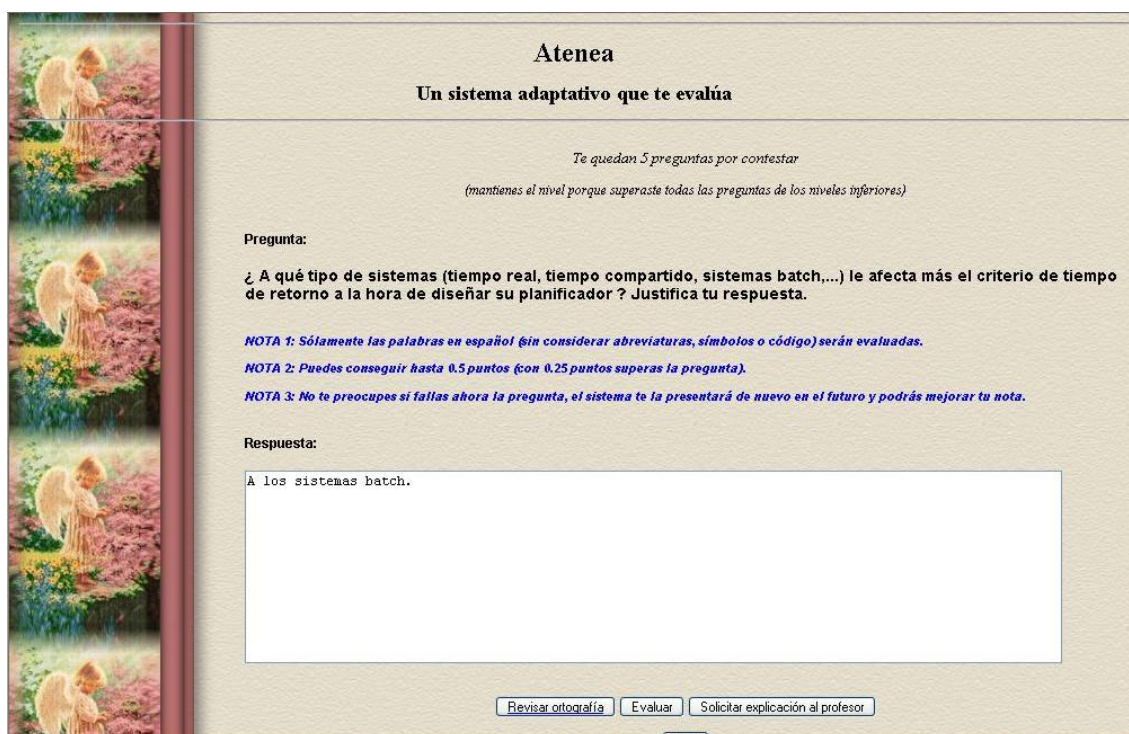


Figura 8-1 Pantalla inicial de pregunta en Atenea sin aplicar M-I2P5



Figura 8-2 Pantalla inicial de pregunta en Willow con M-I2P5 aplicado

Se puede observar como se ha realizado una diferenciación explícita entre el espacio de comunicación del estudiante, que queda identificado por un avatar, y el espacio de comunicación del sistema, que queda identificado por otro avatar distinto del correspondiente al estudiante (en este caso un búho). Además, cada uno de los avatares tiene asociado un bocadillo en el que aparece el texto que le corresponde (al igual que ocurre en los cómics).

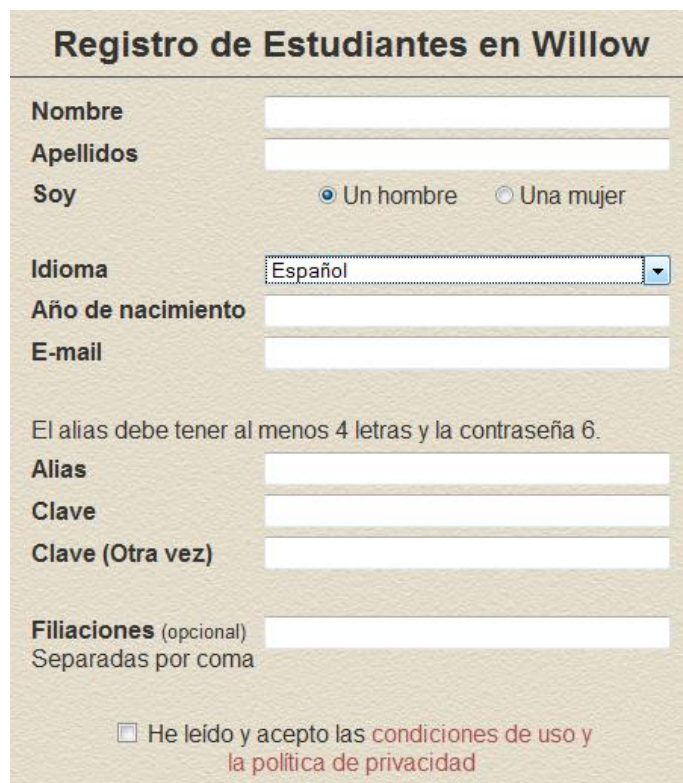
El estudiante puede cambiar su avatar con el fin de conseguir una representación personalizada de sí mismo en el sistema. Sin embargo, en esta implementación no se le permite cambiar el avatar correspondiente al sistema, puesto que no pertenece al espacio de comunicación del estudiante.

8.1.2 Adaptar la información presentada al estudiante

M-I2P5-E recomienda que se proporcione una adaptación de la información en función del perfil del estudiante, ya que éste, según sus características personales y su estilo de aprendizaje manejará información distinta con distintos grados de eficacia.

Para conseguir una adaptación particular a cada estudiante, se recopila **información personal básica** de cada estudiante (edad, idioma, sexo,...). Estos datos en Willow se capturan durante el registro en línea de cada estudiante antes del comienzo de la primera sesión de trabajo con Willow. No obstante, en la actualidad, el año de nacimiento y el género del estudiante no se utilizan a efectos de adaptación, pero se piden y mantienen en las bases de datos para la habilitación futura de adaptaciones específicas en base a estas características.

La Figura 8-3 muestra un ejemplo de registro en línea para un estudiante en Willow. Este registro es necesario, ya que sirve para crear una cuenta personal para cada estudiante asociándole un usuario (alias), una clave personal y un código de seguridad para acceder a los cursos (filiación).



El formulario de registro de estudiantes en Willow tiene un fondo de color beige. En la parte superior, el título "Registro de Estudiantes en Willow" está en un recuadro con una franja superior de color negro y texto blanco. Los campos de entrada están distribuidos en la siguiente manera:

- Nombre** y **Apellidos**: Campos de texto blancos.
- Soy**: Opciones de radio para "Un hombre" (seleccionado) y "Una mujer".
- Idioma**: Menú desplegable con "Español" seleccionado.
- Año de nacimiento** y **E-mail**: Campos de texto blancos.
- Una instrucción: "El alias debe tener al menos 4 letras y la contraseña 6."
- Alias**, **Clave** y **Clave (Otra vez)**: Campos de texto blancos.
- Filiaciones** (opcional): Campo de texto blanco con la etiqueta "Separadas por coma" debajo.
- En la parte inferior, un checkbox con el texto "He leído y acepto las condiciones de uso y la política de privacidad".

Figura 8-3 Registro en línea de estudiantes en Willow

Una vez registrado, el estudiante puede cambiar sus datos personales en el menú interno de la aplicación Willow. Esto se muestra en la Figura 8-4 en la que se puede observar cómo el propio estudiante puede acceder en el menú "Modificar mis datos" a sus "Datos Personales", "Clave de Acceso" y "Códigos de Filiación". Esto evita que el estudiante cada vez que necesite hacer algún cambio en sus datos personales tenga que ponerse en contacto con el administrador del sistema por no poder realizar esta tarea directamente en el sistema.

Figura 8-4 Modificación de los datos personales en Willow

Una vez que el estudiante se ha registrado en el sistema, y éste ha capturado sus datos personales básicos, Willow le permite acceder a los cursos en su idioma y no en otro. Esta es una de las adaptaciones más básicas que puede realizarse al estudiante.

La siguiente adaptación se corresponde con la realización de una evaluación adaptativa progresiva. Esta evaluación supone realizar peticiones de conocimiento cada vez más específicas para poder centrarse en los problemas particulares de cada estudiante. La Figura 8-5 muestra la primera pregunta del diálogo de orientación hacia la respuesta correcta según la versión de Atenea, que no implementaba M-I2P5-E, mientras que la Figura 8-6 muestra esta pregunta según los principios de M-I2P5-E, ya implementado en Willow. Como se puede observar en la Figura 8-6 no solo se sigue la metáfora del diálogo sino que además se le repite al estudiante el enunciado de la pregunta anterior, siguiendo el principio de la limitación de nuestra memoria a corto plazo y, por lo tanto, el fácil olvido de este enunciado si no se le vuelve a repetir.

Las Figuras 8-7 y 8-8 muestran cómo esto es aplicable también a la segunda pregunta del diálogo de orientación, que mientras que en Atenea se pierde el contexto de estar en una evaluación cada vez más detallada hacia el concepto que se quiere evaluar (en el ejemplo, "tiempo de retorno"), en Willow, con la metodología ya aplicada, se puede observar cómo al estudiante se le dice explícitamente si podría responder sobre el concepto (en este caso, "Bloqueado").

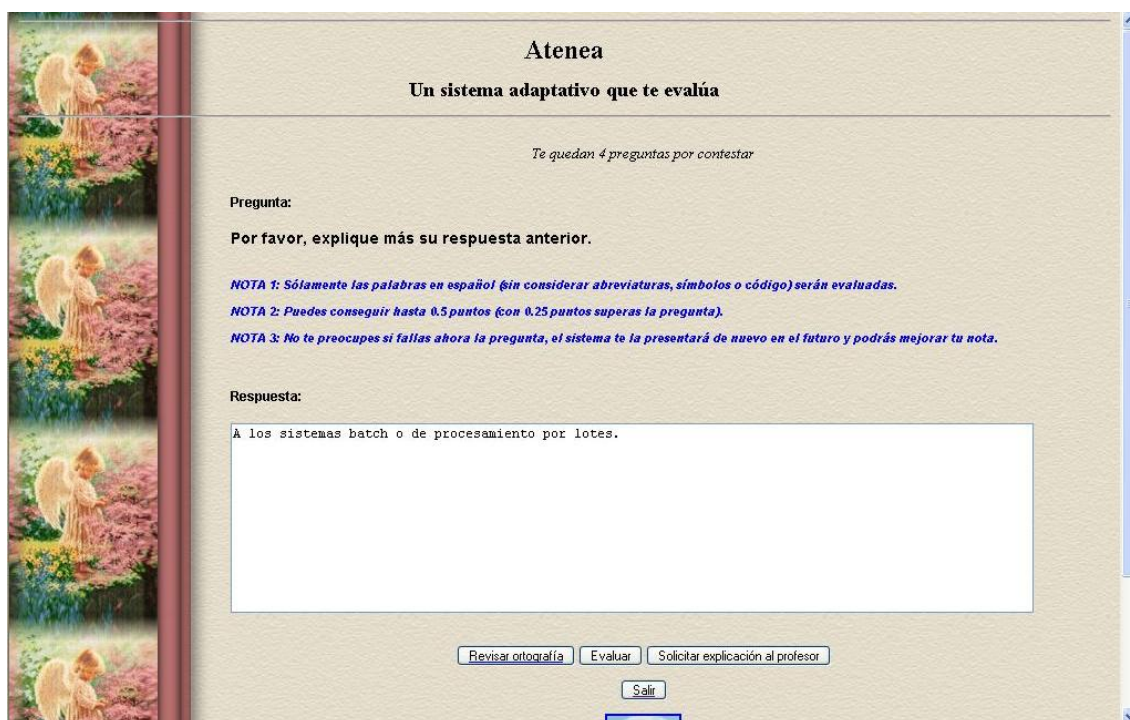


Figura 8-5 Primera pregunta del diálogo de orientación en Atenea (sin la aplicación de M-I2P5-E)

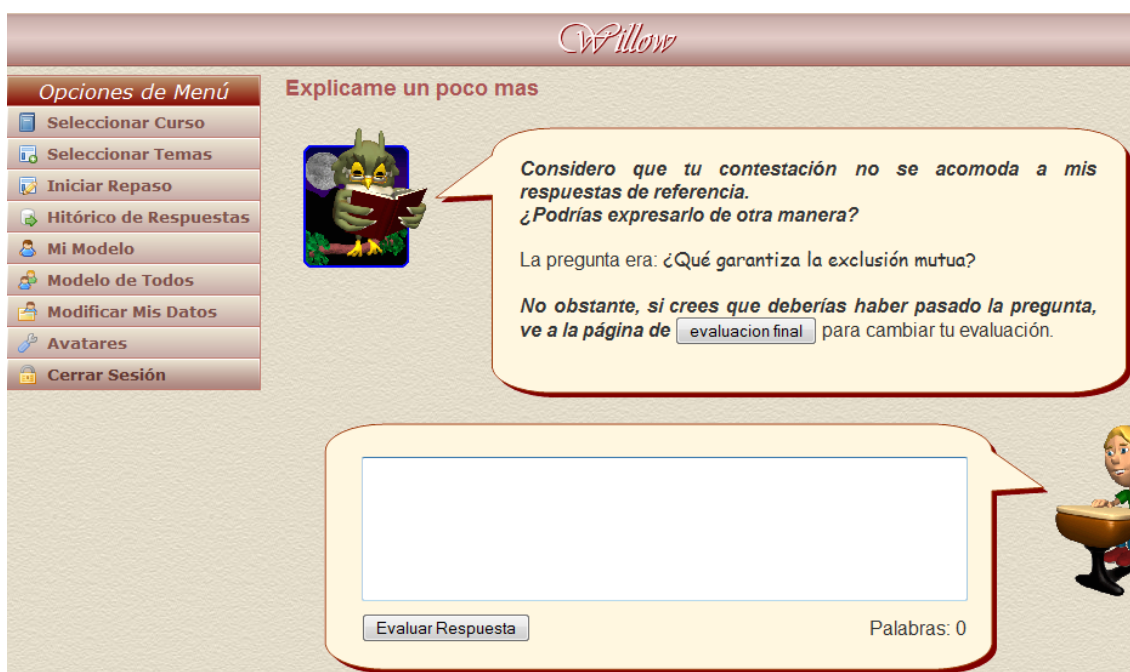


Figura 8-6 Primera pregunta del diálogo de orientación en Willow (aplicando M-I2P5-E)

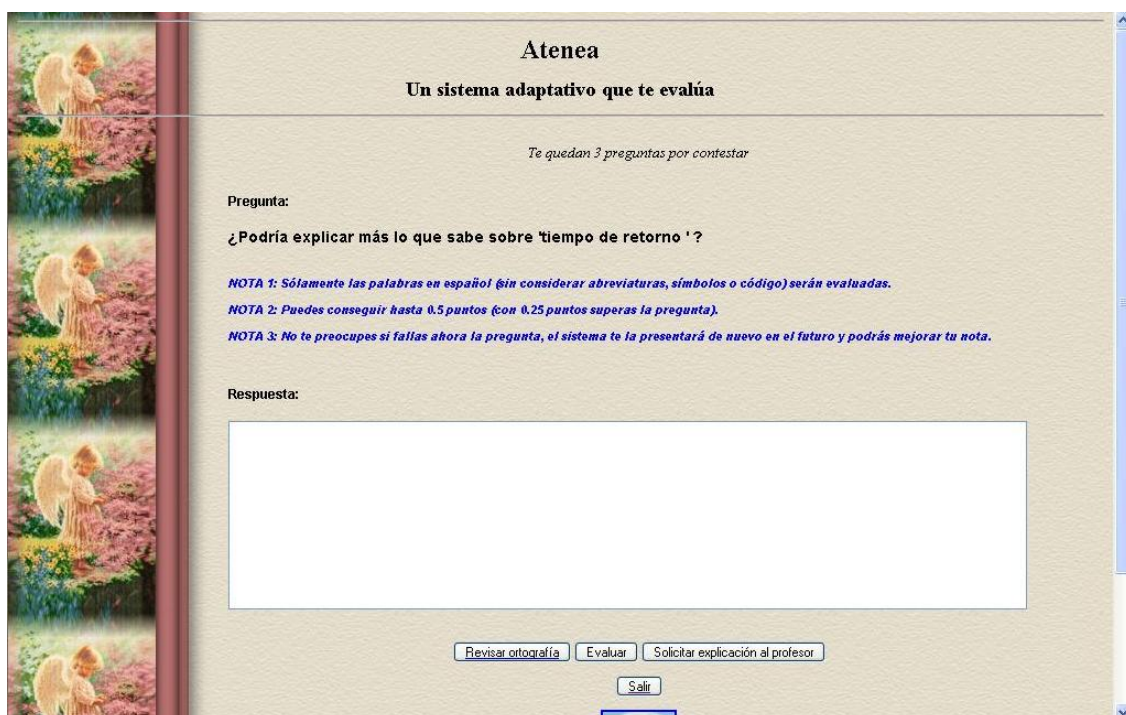


Figura 8-7 Segunda pregunta del diálogo de orientación en Atenea (sin aplicar M-I2P5-E)



Figura 8-8 Segunda pregunta del diálogo de orientación en Willow (aplicando M-I2P5-E)

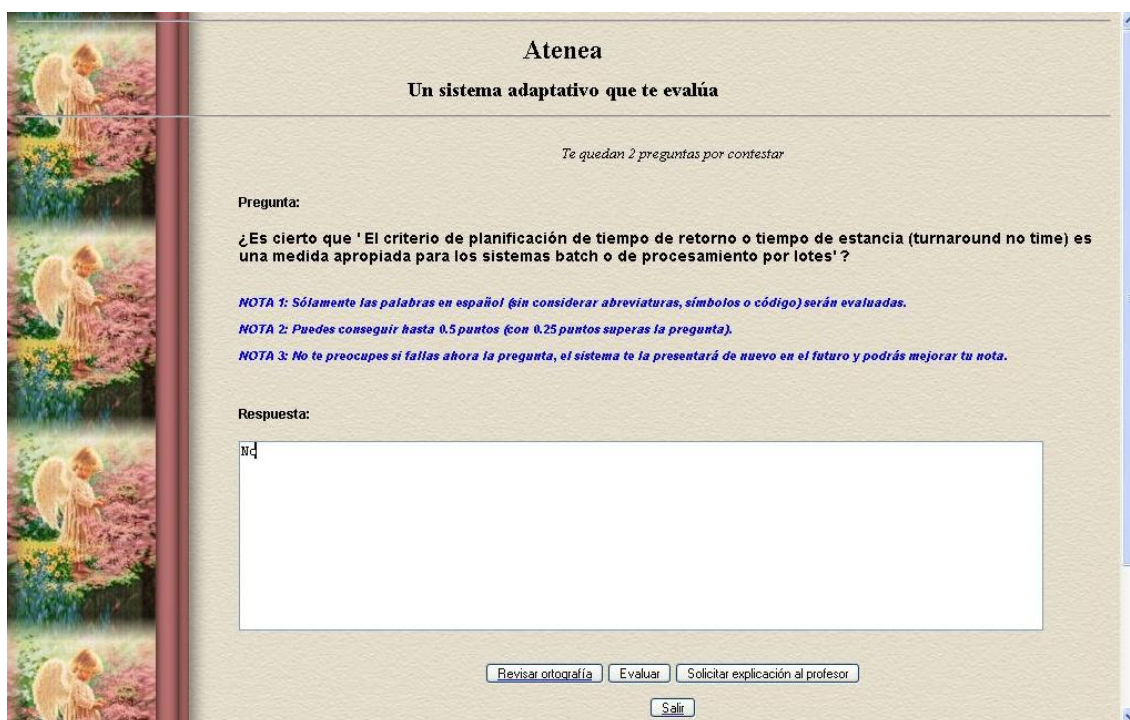


Figura 8-9 Tercera pregunta del diálogo de orientación en Atenea (sin aplicar M-I2P5-E)



Figura 8-10 Tercera pregunta del diálogo de orientación en Willow (aplicando M-I2P5-E)

Por último, en la Figura 8-9 y en la Figura 8-10 se muestra la tercera pregunta de esta evaluación adaptativa. Se puede observar cómo mientras que en Atenea de nuevo no queda explícito que ya es una pregunta más concreta, de hecho, una pregunta de respuesta sí o no, en Willow la interfaz ha sido modificada para que ahora el estudiante no se encuentre con un área de texto sino simplemente con dos radio-botones, que además, no permite la introducción de respuestas incongruentes (ejemplo, introducir sí y no, o bien respuestas no relacionadas con la pregunta).

8.1.3 Evitar la sobrecarga cognitiva

M-I2P5E recomienda limitar la cantidad de recursos mentales que requiere la realización de una tarea (carga cognitiva) en base a las investigaciones realizadas en psicología, en las que se ha estudiado que la memoria de trabajo de los humanos está limitada (Baddely, 2003).

En Willow se ha procurado realizar tanto una reducción del número de elementos distintos incluidos en cada página, cómo una repetición de aquellos elementos que se usan en páginas distintas. De hecho, este último punto se ha podido comprobar en el apartado anterior en la Figura 8-6 donde se mostró cómo al estudiante se le repetía nuevamente la pregunta original que había fallado para recordar su enunciado y realizar una nueva petición de conocimiento.

Para realizar el análisis de la implementación del método "evitar la sobrecarga cognitiva" en Willow, se ha elegido utilizar como muestra la pantalla más típica de uso en Willow mostrada en la Figura 8-2 y compararla con la pantalla más típica de Atenea mostrada en la Figura 8-1.

En primer lugar, se puede observar la eliminación de la imagen lateral que puede desconcentrar al estudiante del objetivo principal de la interacción con el contenido.

En segundo lugar, se puede observar el cambio en las fuentes de un tamaño más pequeño que dificulta su lectura, a un tamaño mayor que la facilita. Además, en lugar de seguir la combinación de gradación de azules que también puede suponer un problema de lectura, se usa el negro para el diálogo estudiante-sistema, y el rosado oscuro para el menú. De esta forma, también se distingue entre el contenido textual del menú, y el contenido del diálogo.

En tercer lugar, se puede observar cómo se evita la sobrecarga cognitiva del estudiante sin pedirle que recuerde un conjunto de notas sobre su evaluación además

de responder a la pregunta. Esta información es eliminada de la interfaz junto con la solicitud de información al profesor para evitar desconcentrar al estudiante o sobrecargar de trabajo al profesor, y en su lugar se sitúa en un sistema de ayuda complementario al que los estudiantes también pueden acceder en línea.

En cuarto lugar, se puede observar el primer cambio funcional, que es la aparición de un contador de palabras. En muchas ocasiones, los estudiantes se desorientan a la hora de responder la pregunta porque no saben si se espera una respuesta corta o extensa. En Atenea, no se ofrecía ninguna indicación de la longitud esperada de la respuesta, mientras que en Willow se ofrecen dos indicadores:

- En el bocadillo asociado al avatar que representa al sistema en el diálogo se indica la longitud expresada en número de palabras que tiene la respuesta correcta más larga proporcionada por un profesor para esta pregunta.
- En el bocadillo asociado al avatar que representa al estudiante en el diálogo se indica el número de palabras que lleva escritas en su respuesta.

De esta forma, el estudiante tiene una orientación sobre el número de palabras que lleva y si debe seguir escribiendo más contenido hasta alcanzar la longitud esperada por el sistema, que es la que tienen las respuestas correctas del profesor, y el estudiante también sabe que no debe pasarse de este número de palabras máximo. Esto evitar que tenga que contar mentalmente el número de palabras al tiempo que escribe la respuesta.

En general, es importante destacar en este punto como las opciones del menú se han agrupado por submenús, agrupando jerárquicamente la información para evitar que en el nivel superior se encuentren demasiadas posibilidades y facilitar al estudiante encontrar la opción que busca según el menú de nivel superior como se puede apreciar en la Figura 8-4.

Obsérvese también como el significado de cada opción tanto del menú o el submenú se refuerza con una pequeña representación visual, y como siempre el estudiante tiene la posibilidad de deshacer su acción, en este caso mediante la opción "Volver atrás".

8.1.4 Proporcionar una retroalimentación inmediata

M-I2P5-E recomienda que, para cada ejercicio, el estudiante reciba información textual o visual sobre la tarea que acaba de realizar, de forma que se establezca un mecanismo de retroalimentación inmediato.

La Figura 8-11 muestra un ejemplo de retroalimentación proporcionada por Atenea (que no aplica este principio de M-I2P5-E), mientras que la Figura 8-12 muestra el ejemplo de retroalimentación en Willow (que sí lo aplica).

En primer lugar se observa cómo se ha modificado el subrayado en Atenea por cambios en el color de fondo en Willow para facilitar la lectura, ya que el subrayado puede dificultarla.

Como se puede comprobar en la Figura 8-12 la página de retroalimentación es consistente con el resto del sistema, manteniendo la metáfora del diálogo entre los avatares que representan al usuario y al sistema. Esto ha supuesto que se modifique también la forma de comunicación estudiante-sistema, ya que antes en Atenea tenía una orientación más tipo examen ("Tu nota es...") lo que disminuía la sensación de que el sistema es para repasar. Mientras que ahora en Willow, el mensaje refuerza la sensación de sistema que orienta ("Considero que has pasado la pregunta"), y además permite al estudiante hacer una comparación directa entre su respuesta y las respuestas del profesor.

Por último, el profesor puede elegir en Willow que no aparezca la nota numérica exacta para evitar que el estudiante piense que es más importante este valor numérico exacto que la orientación acerca de si se considera correcta o no la respuesta proporcionada por el estudiante.

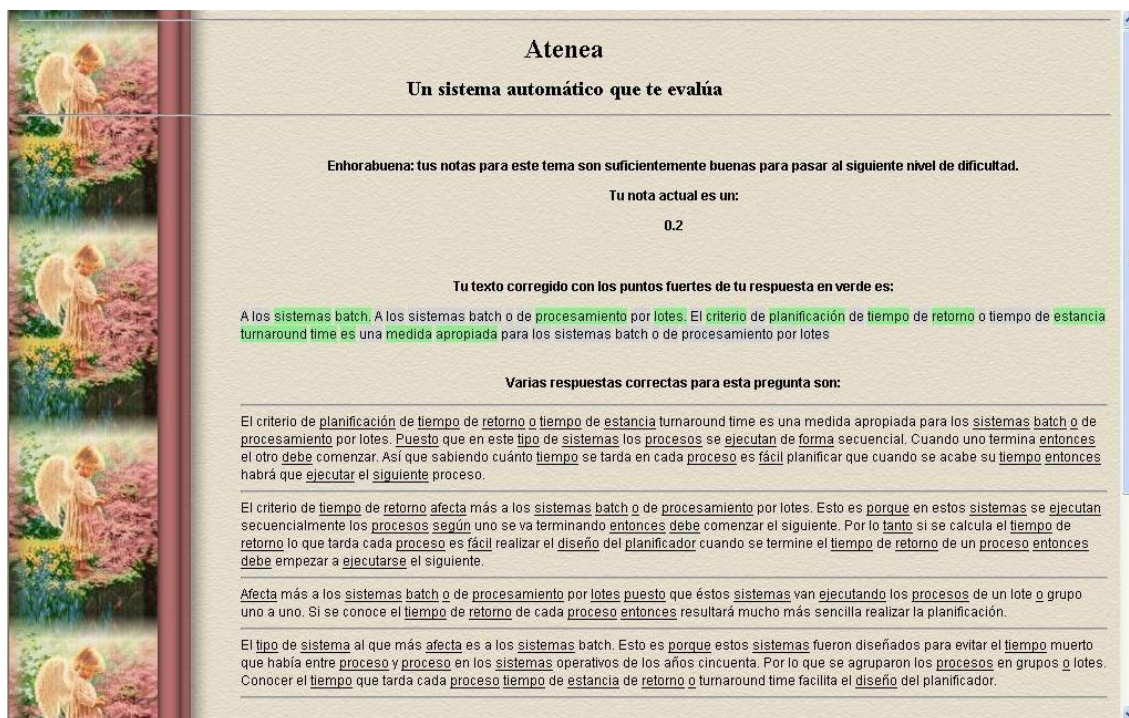


Figura 8-11 Página de retroalimentación de Atenea (sin aplicar M-I2P5-E)

8.1.5 Permitir la autoevaluación

M-I2P5-E recomienda que se le permita al estudiante la posibilidad de considerar una evaluación alternativa a la proporcionada por la capa computacional.

Este principio se implanta en Willow mostrándole al estudiante dos botones, una vez se ha realizado la evaluación automática de su respuesta, que le permiten indicarle a la capa computacional si está o no de acuerdo con la evaluación realizada. Podemos apreciar este detalle en la Figura 8-12. Para que el estudiante pueda decidir si está de acuerdo, o no, con la evaluación éste cuenta con las respuestas correctas proporcionadas por el profesor. Esto favorece también la capacidad crítica del estudiante, al tener que comparar su respuesta, mostrada en la parte superior, con las respuestas del profesor, mostradas en la parte inferior.

En caso de que el estudiante quiera modificar su nota y la modifique, ésta será guardada en el sistema como resultado de la autoevaluación junto a la nota automática. En caso de que el estudiante no quisiera dar una autoevaluación también tiene la posibilidad de continuar pulsando sobre la flecha de siguiente que se utiliza en el resto de pantallas de Willow.

Evaluación

¿Qué garantiza la exclusión mutua?

El uso de semáforos. Un **proceso** está **bloqueado** cuando no puede seguir. La **exclusión mutua** garantiza que sólo va a haber un **proceso** en la **sección crítica**, que un **proceso** que no está en su **sección crítica** no puede **bloquear** a otros **procesos**, y que el **proceso** que está en la **sección crítica** no **bloqueará** para siempre al resto

 *Considero que has pasado la pregunta.*

No estoy de acuerdo contigo,

 Estoy de acuerdo contigo,



Justo debajo tienes un conjunto de respuestas válidas de referencia

La **exclusión mutua** garantiza que sólo va a haber un **proceso** en la **sección crítica**, que un **proceso** que no está en su **sección crítica** no puede **bloquear** a otros **procesos**, y que el **proceso** que está en la **sección crítica** no **bloqueará** para siempre al resto.

La **exclusión mutua** garantiza que la **sección crítica** se va proteger de forma que sólo un **proceso** estará usando el **proceso** que no puede ser compartido.

La **exclusión mutua** significa que los **procesos** irán ejecutando la **sección crítica** de uno en uno, usando de esta forma el recurso que no se puede compartir. Al mismo tiempo que cada **proceso** en su turno tiene garantizado el acceso al recurso de forma individual.



Figura 8-12 Página de retroalimentación de Willow (aplicando principios de M-I2P5-E)

8.2 Proceso Informador de la Evaluación Global

De acuerdo a M-I2P5, el objetivo de este proceso computacional es proporcionar retroalimentación global que, a diferencia de la retroalimentación proporcionada por el proceso de evaluación local del conocimiento, se refiere a todo el curso y no a una única pregunta. Además, el estudiante debe poder acceder a esta retroalimentación en cualquier momento durante el curso.

A continuación se describirá en cada uno de los siguientes subapartados la explicación de la implementación de los métodos asociados a este proceso.

8.2.1 Presentar la información siguiendo un enfoque multimodal

M-I2P5-E recomienda que la información se represente en múltiples vistas o perspectivas, de forma que cada vista permita incidir en distintos aspectos de la misma información.

Como se puede observar en la Figura 8-13 la información sobre el progreso del estudiante se muestra en cinco distintos formatos en Willow: mapa conceptual, diagrama conceptual, diagrama de barras, tabla de conceptos y resumen textual. Además, se puede acceder tanto a los datos de evaluación personales como los datos de evaluación de toda la clase.



Figura 8-13 Menú de selección del formato de representación del modelo conceptual en Willow

En los siguientes apartados se verán ejemplos de representación del modelo conceptual como han sido implementados en Willow (Pascual-Nieto *et al.*, 2008b).

8.2.1.1 Mapa Conceptual

El mapa conceptual es una de las formas de representación de relaciones entre conceptos más utilizadas en educación (Sánchez-Delgado, 2008). El mapa conceptual se compone de nodos que representan los conceptos y enlaces entre los nodos (Novak & Gowin, 1984). Para evitar problemas de visualización se han eliminado de la interfaz las palabras de enlace que son en general "trata de", y se muestran sólo los conceptos relacionados con un tema.

La Figura 8-14 y la Figura 8-15 muestran la diferencia entre la forma de representar el mapa conceptual en COMOV y la forma de representar el mapa conceptual en Willow. COMOV es el visualizador de modelos conceptuales de Atenea, ya que Atenea no muestra el modelo conceptual sino que necesita una herramienta externa para realizar esta tarea (Pérez-Marín, 2007).

La aplicación Atenea original se complementaba con COMOV para la visualización de los modelos de los estudiantes. Sin embargo, el hecho de tener que cambiar de aplicación, mientras que se estaba trabajando con las preguntas de un curso suponía una reducción de la usabilidad, ya que tenía que romper su flujo de trabajo normal para consultar su progreso. Ahora, tras el rediseño de la aplicación original las funcionalidades de COMOV y Atenea para los estudiantes han sido integradas dentro del mismo sistema (Willow).

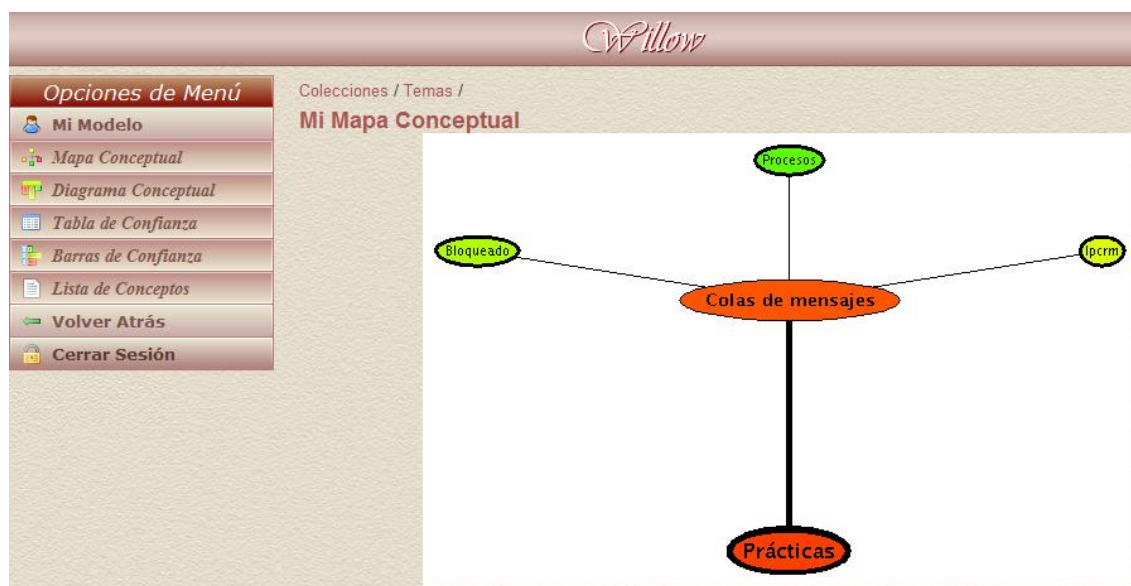


Figura 8-14 Mapa conceptual mostrado en Willow (aplicando M-I2P5-E)

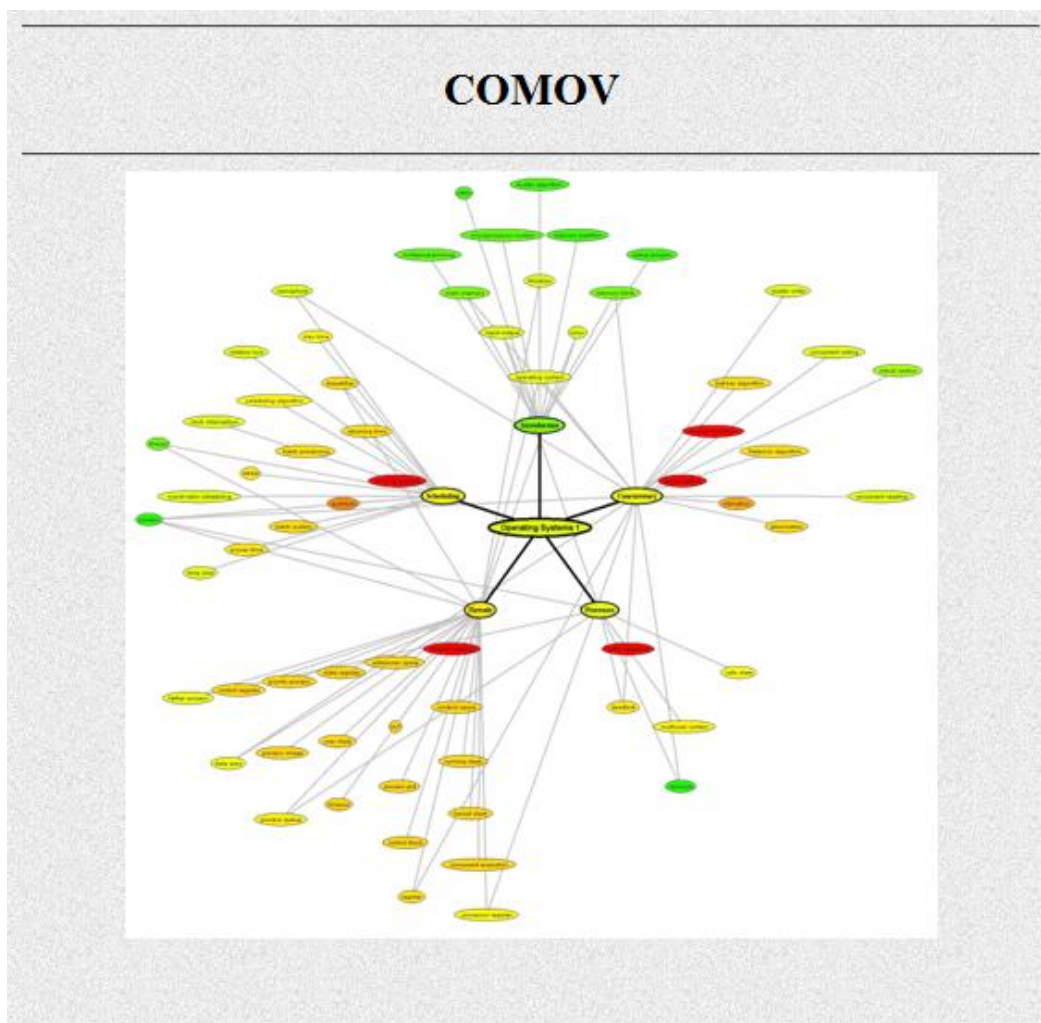


Figura 8-15 Mapa conceptual mostrado en COMOV (sin aplicar M-I2P5-E)

8.2.1.2 Diagrama Conceptual

El diagrama conceptual, a diferencia del mapa conceptual, se concentra en los conceptos, ignorando las conexiones entre ellos. Es un diagrama jerárquico en el que los conceptos que están en la parte superior se refieren a aspectos más globales del curso, mientras que los conceptos clave están en la parte inferior. La Figura 8-16 y la Figura 8-17 muestran esta representación para Atenea y Willow respectivamente.

En primer lugar, se puede observar que no se pierde el menú a la izquierda para que el estudiante pueda seguir accediendo al resto de funciones de Willow cuando así lo requiera. De hecho, se proporciona la nueva posibilidad "Colecciones / Temas" de elegir sólo mostrar un tema o todos, mientras que en COMOV siempre se mostraban todos los temas.

En segundo lugar, no se pierde el fondo de color de la interfaz para confirmar al estudiante que sigue estando en la misma aplicación

En tercer lugar, se puede observar cómo mientras el diagrama mostrado en la Figura 8-16 es estático, sin ofrecer ningún tipo de interacción al estudiante (sólo puede observarlo), el diagrama mostrado en la Figura 8-17 es interactivo: al acercar el estudiante el puntero del ratón sobre cualquier concepto (por ejemplo Procesos) se subraya y aparece un valor numérico que es la confianza que tiene el sistema de que el estudiante se conozca este concepto (por ejemplo 0.745). De esta forma se evita que la información de la interfaz dependa exclusivamente del color. Además, si el estudiante hace clic sobre el concepto se le muestra la página de explicación de dicho concepto como explicará en el Apartado 8.3.



Figura 8-16 Diagrama conceptual mostrado en COMOV (sin aplicar M-I2P5-E)

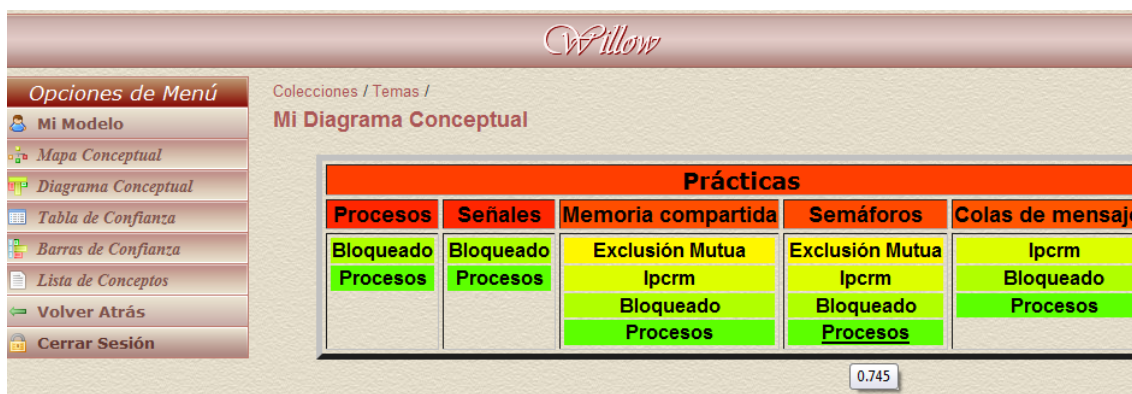


Figura 8-17 Diagrama conceptual mostrado en Willow (aplicando M-I2P5-E)

8.2.1.3 Diagrama de Barras

El diagrama de barras es una de las representaciones gráficas más usadas debido a su simplicidad pero al mismo tiempo su alta capacidad de resumir muchos datos. En particular, el objetivo de esta representación, a diferencia de las dos anteriores, es centrarse en la comparación entre conceptos que el estudiante debe asimilar, mostrando de forma ordenada por porcentaje qué conceptos son los que el estudiante conoce mejor (mayor porcentaje) a los que conoce peor (menor porcentaje).

La Figura 8-18 y la Figura 8-19 muestran un ejemplo de diagrama de barras en COMOV (sin aplicar los principios de M-I2P5-E) y Willow (aplicando los principios de M-I2P5-E). Como se puede observar en Willow, se mantiene el menú, los colores rosados frente a los grisáceos-azules, la posibilidad de elegir sólo un tema o bien todos (igual que para el resto de representaciones para mantener la consistencia, pulsando sobre Colecciones / Temas), las fuentes usadas son más grandes, y al pulsar sobre cualquier concepto se puede acceder a su página de explicación, mientras que en COMOV el diagrama era estático y el estudiante sólo podía visualizarlo sin interactuar con él.

Además, el diagrama de barras presentado en COMOV, y que puede apreciarse en la Figura 8-19, usa un esquema de colores diferente al del resto de diagramas para representar la estimación de los conceptos. Esto puede desorientar al usuario. En Willow, este problema está corregido, y se sigue manteniendo la metáfora de semáforo usada en todas las representaciones (de rojo, menos valor de confianza a verde, más valor de confianza, pasando por los colores anaranjados-amarillentos) y ofreciendo una auténtica gradación y una continuidad en el cambio del color.



Figura 8-18 Gráfica de barras representativo del modelo conceptual en Willow (aplicando M-I2P5-E)

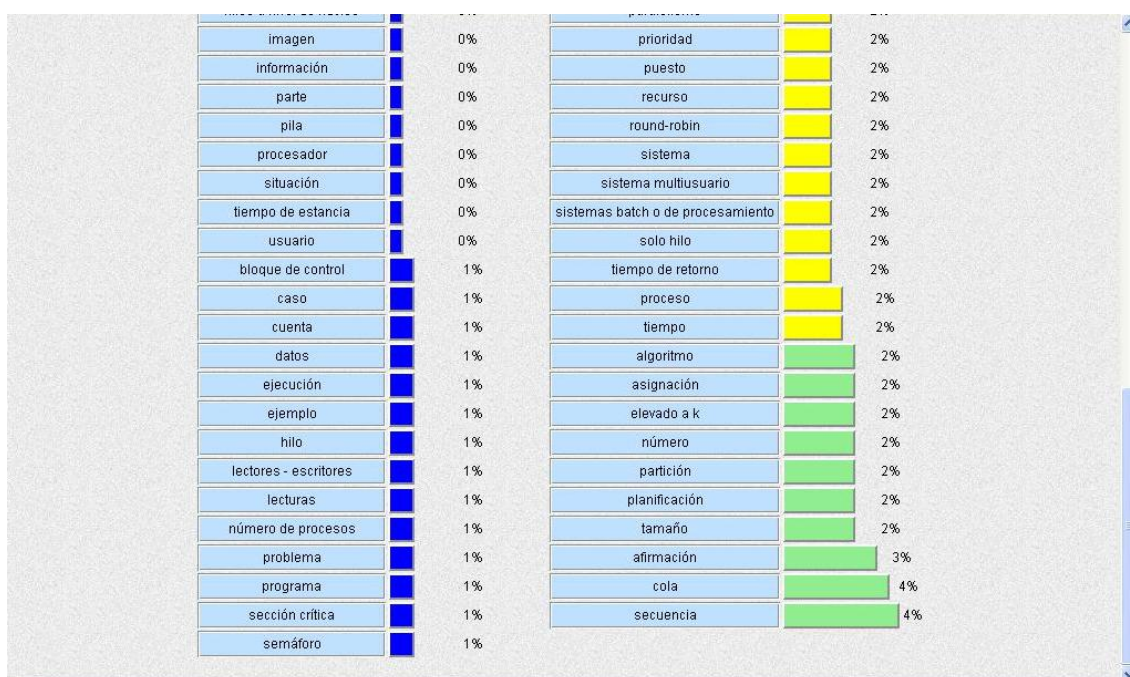


Figura 8-19 Gráfico de barras representativo del modelo conceptual en COMOV (sin aplicar M-I2P5-E)

8.2.1.4 Tabla

El objetivo de este formato de representación del modelo conceptual es proporcionar toda la información numérica justificativa del nivel de confianza estimado para cada concepto. Para ello, cada fila es un concepto y se asocian cuatro columnas con valores de estimación de la adquisición del concepto por parte del estudiante, a saber:

- Peso: Frecuencia del concepto en las respuestas correctas proporcionadas por los profesores. Por lo tanto, se considera que cuanto mayor es su valor, más importancia tiene el concepto.
- Primera métrica para estimar la confianza: El valor de una de las métricas internas que calcula el sistema para proporcionar la puntuación numérica de la evaluación de la respuesta del estudiante.
- Segunda métrica para estimar la confianza: El valor de otra de las métricas internas que calcula el sistema para proporcionar la puntuación numérica de la evaluación automática.
- Nivel medio de confianza o valor de confianza: El valor de confianza estimado por el sistema para cada concepto, como combinación lineal de las métricas indicadas anteriormente.

La Figura 8-20 y la Figura 8-21 muestran esta representación en el caso de COMOV (sin aplicar los principios de M-I2P5-E) y de Willow (aplicando los principios de M-I2P5-E).

Se puede observar como la Figura 8-21 mantiene la consistencia respecto al resto de representaciones:

- Con el menú en el lateral izquierdo.
- La posibilidad de elegir otro tema o todos en la parte superior (Colecciones / Tema).
- El uso de los mismos colores rosados frente a grises para dar una sensación más agradable.
- La posibilidad de acceder a la página de explicación de cada concepto haciendo clic sobre él.
- El uso de la metáfora del semáforo en los colores que representen la métrica del valor de confianza igual que en el resto de representaciones, mientras que en COMOV esta información se pierde.

Además, como elementos nuevos de gestión de la interacción implantados en Willow siguiendo los principios recomendados por M-I2P5-E, se ofrecen nombres significativos en las columnas para facilitar la comunicación con el estudiante (por ejemplo en lugar de usar "nivel de confianza 1", indicar que es la confianza de puntuación; y en lugar de usar "nivel de confianza 2", que es la confianza de frecuencia, etc.), y se añade también la posibilidad de ordenar los valores por cualquiera de las columnas (en COMOV la representación era estática y no se podía modificar), para cambiar el orden es suficiente con hacer clic en el nombre de la columna, indicándose con una flecha si se seguirá un orden ascendente o descendente.

COMOV

Tabla representativa del modelo conceptual ordenada de mayor a menor

Término	Peso	Nivel de confianza 1	Nivel de confianza 2	Nivel medio de confianza
proceso	1.0	0.3	1.0	0.6
secuencia	0.1	1.0	0.0	0.5
cola	0.1	0.9	0.1	0.5
afirmación	0.1	0.8	0.2	0.5
puesto	0.3	0.3	0.5	0.4
tiempo	0.3	0.5	0.1	0.3
forma	0.3	0.2	0.4	0.3
tamaño	0.2	0.6	0.1	0.3
algoritmo	0.2	0.6	0.1	0.3
memoria	0.2	0.4	0.2	0.3
planificación	0.1	0.6	0.1	0.3
número	0.1	0.6	0.1	0.3
partición	0.1	0.6	0.0	0.3
elevado a k	0.1	0.6	0.0	0.3

Figura 8-20 Tabla representativa del modelo conceptual en COMOV (sin aplicar principios de M-I2P5-E)

Willow

Opciones de Menú

- Mi Modelo
- Mapa Conceptual
- Diagrama Conceptual
- Tabla de Confianza
- Barras de Confianza
- Lista de Conceptos
- Volver Atrás
- Cerrar Sesión

Colecciones / Temáticas /

Vista Tabular del modelo conceptual de TODOS LOS TEMAS

Nombre	Peso	Confianza de Punt.	Confianza de Freq. ▲	Valor de Confianza
Exclusión Mutua	0.05	0.08	0.50	0.29
lpcrm	0.06	0.28	0.50	0.39
Bloqueado	0.13	0.03	1.00	0.52
Procesos	1.00	0.03	1.46	0.74

Figura 8-21 Tabla representativa del modelo conceptual en Willow (aplicando principios de M-I2P5-E)

8.2.1.5 Resumen Textual

El resumen textual tiene como objetivo proporcionar un informe fácil de leer, en texto, y que centra la atención del estudiante en determinados conceptos. En particular, este informe consta de tres apartados:

- La lista de los diez conceptos más importantes (con mayor frecuencia de uso en el texto del curso), y cómo han sido comprendidos por el estudiante.
- La lista de los diez conceptos peor conocidos por el estudiante: con menor valor de confianza.
- La lista de los diez conceptos mejor conocidos por el estudiante: con mayor valor de confianza (y con el requisito de que este valor sea mayor que 0.5)

La Figura 8-22 y la Figura 8-23 muestran esta representación en COMOV sin aplicar M-I2P5-E, y en Willow aplicando M-I2P5-E. De forma similar a lo que se vio en el apartado anterior, se puede observar como la Figura 8-23 como se mantiene la consistencia respecto al resto de representaciones:

- Con el menú en el lateral izquierdo.
- La posibilidad de elegir otro tema, o todos, en la parte superior (Colecciones / Tema).
- El uso de los mismos colores rosados frente a grises para dar una sensación más agradable.
- La posibilidad de acceder a la página de explicación de cada concepto haciendo clic sobre él.
- El uso de la metáfora del semáforo en los colores que representen el valor de confianza igual que en el resto de representaciones, mientras que en COMOV esta información se pierde.

Además, se usan fuentes más grandes que facilitan la lectura del informe, y se cambia el orden del segundo y tercer listado para mostrar antes el conjunto de conceptos correctamente adquiridos y así motivar al estudiante.

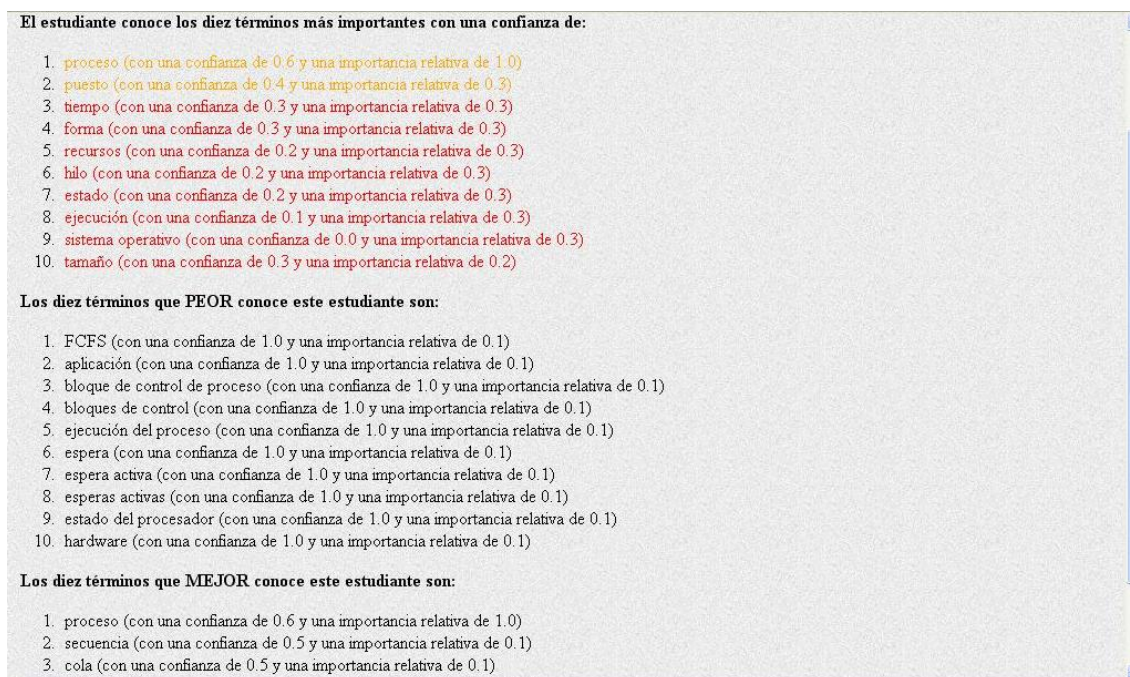


Figura 8-22 Resumen textual del modelo conceptual en COMOV (sin aplicar principios de M-I2P5-E)

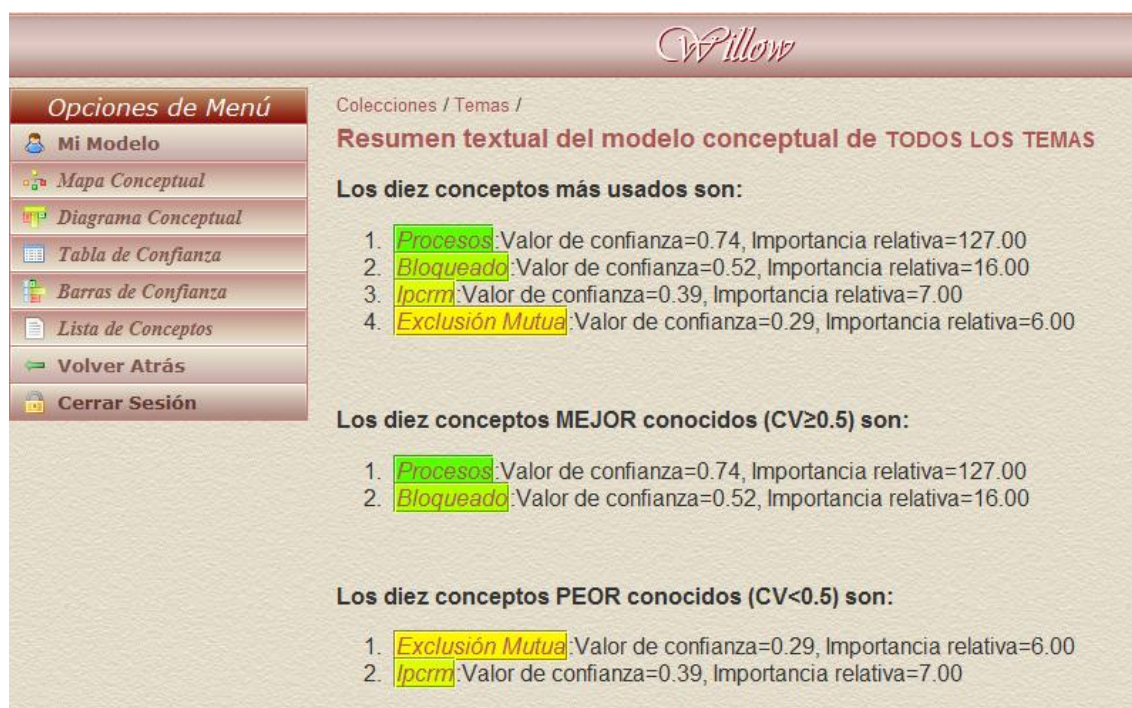


Figura 8-23 Resumen textual del modelo conceptual en Willow (aplicando principios de M-I2P5-E)

8.2.2 Resumir la información global

M-I2P5-E recomienda mostrar al estudiante sólo aquello que es más relevante sobre la evaluación global para evitar una sobrecarga cognitiva.

En la implementación de COMOV original se trató de proporcionar la mayor cantidad posible de información al usuario. Sin embargo, este diseño entra en contradicción con la recomendación de M-I2P5-E, que recomienda resumir la información y segmentarla en fragmentos de información relevante. Este factor es especialmente importante en cursos con muchos temas y conceptos, en los cuales pueden obtenerse mapas conceptuales o representaciones gráficas cuya presentación exija el uso intensivo de barras de desplazamiento debido a su magnitud.

Por lo tanto, en Willow se ha permitido segmentar la información por temas, de forma que la cantidad de información que puede recibir un estudiante se limite a un determinado aspecto de su evaluación, y además se ha restringido la cantidad de conceptos visibles en un determinado momento a aquellos que son realmente relevantes en su evaluación (esto es, aquellos que el sistema ha estimado como conocidos por los estudiantes porque los han usado correctamente en sus respuestas).

En la Figura 8-14 se muestra la visualización del mapa conceptual en Willow, y como se han seleccionado únicamente los conceptos para un tema, y en la parte superior se proporciona la posibilidad al estudiante de seleccionar otro tema, o bien pulsar sobre cualquier otra forma de representación del modelo. Además, los conceptos que aparecen en esta figura son aquellos que tienen un valor de confianza superior a 0.1 como fue indicado por el profesor.

Esto no es únicamente aplicable al mapa conceptual, sino en general a cualquier representación del modelo conceptual en Willow.

8.2.3 Justificar la evaluación

M-I2P5-E recomienda que se realice una justificación de la evaluación realizada, ya que se considera que, para los sistemas de Aprendizaje Híbrido, la evaluación más que sumativa debería ser formativa.

En Willow, el estudiante puede acceder en cualquier momento a la justificación de la evaluación de cualquier concepto que aparezca en su modelo conceptual simplemente haciendo clic sobre dicho concepto. La justificación de la evaluación, en el caso de Willow, consiste en mostrar una página en la que se recogen todas las respuestas de los profesores, junto a las preguntas en las cuales se ha usado el concepto en cuestión. Esto permite al estudiante contrastar la forma en que ha estado usando el concepto en comparación a cómo los profesores lo han usado en sus respuestas.



Figura 8-24 Ejemplo de página de explicación generada para el concepto "ipcrm" en Willow (aplicando M-I2P5-E)

La Figura 8-24 muestra un ejemplo de página de explicación para el concepto "ipcrm" de sistemas operativos. El estudiante accedió a dicha página al pulsar en su diagrama conceptual sobre "ipcrm" aparece marcado en rojo puesto que en sus respuestas del estudiante nunca aparece con argumentos mientras que los profesores (como se puede observar en la figura) siempre indican la sintaxis completa.

8.2.4 Mostrar indicadores de estado

M-I2P5-E recomienda que el estado en el que se encuentra el estudiante con respecto a la ejecución del curso se presente usando distintos indicadores.

En Willow se han implementado varios tipos de indicadores de progreso:

- El progreso del estudiante por cada tema en relación indicando el número de preguntas que ha superado (como puede apreciarse en la Figura 8-25).
- El nivel de conocimientos del estudiante se muestra para cada concepto y para cada tema según el color de fondo siguiendo la metáfora del semáforo (rojo menos conocimiento a verde más conocimiento según la estimación realizada por el sistema). Una muestra de este tipo de indicación del estado puede apreciarse en el diagrama conceptual recogido en la Figura 8-17.
- El nivel del estudiante para cada tema se muestra en la página de retroalimentación local a medida que contesta preguntas y las supera o falla.

8.2.5 Permitir la revisión de lo realizado

M-I2P5-E recomienda que se mantenga, y se permita consultar, un histórico con los ejercicios realizados por el estudiante.

Como se puede apreciar en la Figura 8-25 en cualquier momento, cualquier estudiante, que esté interactuando con Willow, repasando preguntas, o visualizando su modelo conceptual, puede seleccionar la opción de ver el histórico de preguntas que ha superado en el sistema. Para ello, sólo debe hacer clic sobre la opción "Histórico de preguntas" en el menú.

De esta forma, se hace disponible al estudiante el listado de preguntas agrupadas por temas, para facilitarle la decisión de qué preguntas quiere repasar. Además, se le indica el número de preguntas que ha superado por tema, para

orientarle sobre qué tema ha sido en el que menos preguntas ha superado y, por lo tanto, debería seguir trabajando más. La agrupación en base a conceptos no se presenta en esta forma de repaso, puesto que es la que se aplica en la página de explicación como se verá en el siguiente apartado.



Figura 8-25 Acceso al histórico de preguntas de Willow

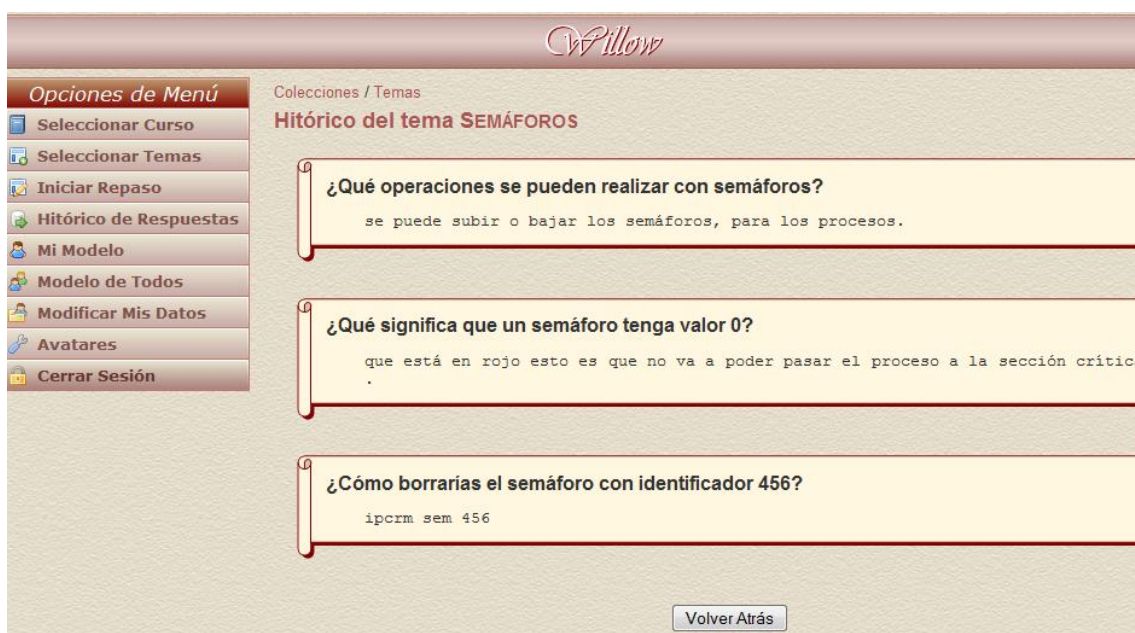


Figura 8-26 Visualización de las preguntas del histórico

Manteniendo la consistencia en la interfaz, la selección de temas se vuelve a presentar como una lista de control, en la que se confirma la selección del estudiante mediante la aparición de una marca verde en el cuadrado asociado a cada tema.

Además, como se puede observar en la Figura 8-26, cada pregunta se muestra con la respuesta correcta que proporcionó el estudiante. En todo caso, si el profesor decidiese que quiere que aparezcan estas calificaciones, aparecerían asociadas en la etiqueta de cada pregunta.

8.3 Proceso de Enseñanza

M-I2P5 establece que el proceso de enseñanza tiene como objetivo proporcionar explicaciones adicionales al proceso de evaluación, para que la interacción estudiante-capacitador computacional no se limite a que el estudiante responda a las preguntas realizadas por el sistema (el sistema inicia la interacción), sino que también el estudiante pueda preguntar al sistema (el estudiante inicia la interacción).

A continuación se presenta la explicación de la aplicación de los principios de M-I2P5-E asociados a este proceso.

8.3.1 Fomentar el anclaje de nueva información con la existente

M-I2P5-E recomienda que la información nueva que se proporcione esté relacionada con la previa, de forma que se permita el establecimiento de conexiones con conceptos anteriormente adquiridos y así se fomente el aprendizaje significativo de acuerdo a la teoría de Ausubel (1963).

En Willow, el tener organizada la información en base a modelos conceptuales, y en particular, al usar una representación gráfica en forma de mapa conceptual, se favorece que los estudiantes puedan entender mejor las relaciones entre conceptos. Se pretende de esta forma que los estudiantes no intenten avanzar hacia conceptos más complejos hasta que no hayan entendido (esto es, se haya marcado en verde) los conceptos previos.

Así, en la Figura 8-14 se puede apreciar como el concepto "Procesos" que está relacionado con "Colas de mensajes", ya está marcado en verde, y ahora el estudiante está revisando el concepto más avanzado de "Colas de mensajes".

8.3.2 Generar explicaciones locales ante dudas concretas

M-I2P5-E recomienda que se proporcione información particular ante las dudas que presente en cada momento el estudiante.

En Willow, este principio se ha implementado dando respuesta a las dudas que puedan tener en cada momento los estudiantes, sin aplazarlas a pantallas posteriores. En particular, si un estudiante tiene dudas sobre algún concepto, puede pulsar directamente sobre el concepto para acceder a su página de explicación.

8.3.3 No mostrar información no relevante

M-I2P5-E recomienda que se muestre siempre información relevante, evitando no se debe desviar la atención del estudiante hacia otros aspectos no significativos para su aprendizaje. Este principio se relaciona con la limitación de la memoria de trabajo de los estudiantes (Baddely, 2003).

En Willow, se ha limitado el número de elementos por pantalla para centrar la atención del estudiante en el objetivo de cada pantalla del sistema. Así, por ejemplo como el objetivo de la pantalla mostrada en la Figura 8-1 es hacer una pregunta al estudiante, cualquier elemento relativo a la retroalimentación o al histórico no se muestra. En cambio, en la Figura 8-12 como el objetivo es proporcionar retroalimentación local al estudiante para una pregunta, todos los elementos de la pantalla relativos a esa pregunta se muestran, pero, en cambio, no se muestra información de otras preguntas o de conceptos no relacionados con dicha pregunta.

Finalmente, la Figura 8-14 ejemplifica cómo se puede proporcionar retroalimentación global al estudiante. En esta pantalla lo relevante es mostrar qué conceptos han sido adquiridos por el estudiante hasta este momento, y cuáles deberían ser revisados todavía. En cambio, no se muestra información sobre una pregunta en particular, o su retroalimentación específica.

8.3.4 Aprender de los propios errores

M-I2P5-E recomienda que se le proporcione al estudiante los mecanismos necesarios para que el estudiante pueda aprender centrándose en los aspectos que le resultan especialmente problemáticos, a partir de la propia evaluación del sistema.

Así, por ejemplo en Willow, y cómo se muestra en la Figura 8-12, la información proporcionada por el proceso de evaluación local acerca del conocimiento del estudiante, resalta en un fondo verde los conceptos que han sido correctamente usados. De esta forma, el estudiante puede ver cómo aquellas secciones de su respuesta que no han sido marcadas en fondo verde, son o bien irrelevantes para la respuesta, o bien erróneas.

Por otro lado, cómo se muestra en la Figura 8-14 el modelo conceptual marca en rojo los conceptos que han sido usados incorrectamente para evitar que el estudiante siga usando dicho concepto de forma incorrecta. Además, cómo se ha comentado anteriormente, haciendo clic sobre cualquier concepto, el estudiante accede inmediatamente a la página de explicación de dicho concepto.

8.3.5 Información multimodal adaptada al estudiante

M-I2P5-E recomienda que se proporcione información en múltiples formatos puesto que cada estudiante posee una capacidad específica de aprendizaje y unas preferencias personales acerca del formato de información que mejor entiende. Teniendo esto en cuenta, en Willow no se muestra únicamente una respuesta correcta para cada pregunta, sino varias, y así, la respuesta que puede entender un estudiante, es posible que no sea entendida por otro estudiante, pero al final, al tener varias respuestas cada estudiante entiende la que le resulta más sencilla en su caso.

Además, la retroalimentación global, como se ha comentado en el apartado previo de multimodalidad de la información, se muestra no únicamente como mapa conceptual, sino también como diagrama conceptual, diagrama de barras, tabla y resumen textual.

Capítulo 9

Implementación de la metodología de gestión de la interacción profesor-capacap computacional (M-I2P5-P)

En este capítulo se describe la implementación de los métodos para la gestión de la interacción profesor-capacap computacional de la metodología M-I2P5. En particular, se describe cómo se han implementado cada uno de los métodos identificados para los dos procesos de la interacción profesor-capacap computacional, a saber, el proceso Capturador del Modelo de Dominio y el proceso de Monitorización del Progreso del Estudiante.

El proceso Capturador del Modelo de Dominio se ha implementado en el sistema en línea Willer (Pérez-Marín *et al.*, 2009), desarrollado en el departamento de Ingeniería Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

Willer es una herramienta de autor que permite a los profesores o editores de contenidos del curso introducir y modificar información. Willer forma parte de las Will Tools. Este sistema ha sido usado desde el año 2005, inicialmente sin aplicar M-I2P5, en la versión llamada “Editor de preguntas de Atenea”. En la actualidad, Willer tiene integrada los métodos de M-I2P5-P pertenecientes a la parte de la metodología M-I2P5 para gestión de la interacción entre el profesor y la capacap computacional.

El proceso de Monitorización del Progreso del Estudiante se ha implementado en el sistema en línea Willer (Pérez-Marín *et al.*, 2009) desarrollado también en el departamento de Ingeniería Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

Gestionar correctamente la interacción profesor-capacap computacional es fundamental para evitar que el profesor se sienta abrumado por una enorme cantidad de trabajo y falta de conocimiento técnico, y por lo tanto no emprenda iniciativas de Aprendizaje Híbrido desaprovechando sus beneficios.

9.1 Proceso Capturador del Modelo de Dominio

El proceso Capturador del Modelo de Dominio es el encargado de capturar la información de contenido de la aplicación tal como la introduce el profesor. Dicha información será utilizada para construir el modelo de dominio y, en particular, para construir el modelo conceptual esperado que forma parte de dicho modelo de dominio.

A continuación se describe la implementación de cada uno de los métodos asociados a este proceso, que fueron explicados al hablar de M-I2P5-P (véase Capítulo 7).

9.1.1 Permitir el uso de herramientas de edición ya conocidas

M-I2P5-P recomienda que se evite que el profesor tenga que aprender cómo usar un nuevo sistema, porque crear el curso ya es una parte que un profesor puede considerar como intensiva en tiempo y esfuerzo. Si a ello se le añade tener que aprender un nuevo sistema de herramientas, se incorpora una dificultad añadida que puede desanimar al profesor, hasta el punto de que puede abandonar la tarea.

Este método ha sido aplicado en Willéd permitiendo la introducción de información de contenidos para el curso por medio de un fichero de texto plano. Este fichero puede rellenarse con cualquier editor de texto como Word, Notepad, StarOffice, etc. Esto permite que los profesores de un curso utilicen la herramienta procesadora de textos que usen habitualmente para redactar ejercicios, exámenes u otros documentos, para introducir los contenidos del curso en cuestión, teniendo sólo que utilizar el sistema para subir el documento generado al mismo.

La Figura 9-1 muestra un diagrama ejemplo de plantilla. Como se puede apreciar en la figura, en primer lugar el profesor debe indicar el idioma en el que se escribe el curso (inglés o español son los idiomas actualmente implementados en Willéd). A continuación, se indica una breve información global del curso: su nombre y la descripción. No se recogen aquí los valores mínimos para subir/bajar de nivel puesto que se suelen utilizar los valores por defecto, y de esta forma se elimina trabajo al profesor, aunque estos valores podrían modificarse posteriormente en Willéd.

El resto de la plantilla es el conjunto de preguntas agrupadas por tema. Para cada tema se debe proporcionar su nombre y un conjunto de preguntas. Para cada pregunta se debe proporcionar su enunciado, la puntuación máxima de una pregunta

(en la escala indicada por el profesor), el nivel de dificultad (bajo, medio, alto) y una o más respuestas correctas. Si no se introdujese la puntuación máxima, Willled entendería una puntuación por defecto de 1.0. Si no se introdujese un nivel de dificultad, el valor por defecto es un nivel de dificultad bajo.

Willled organiza los cursos por temas. Para cada tema se pueden incluir tantas preguntas como se desee. Además, en el caso concreto de Willled, para cada pregunta que se introduzca para ser preguntada a cada estudiante, el profesor puede incluir tantas respuestas correctas como desee para que sirvan de referencia al estudiante. Esta particularidad se debe a que el funcionamiento del sistema de evaluación automática de Willow usa las respuestas de referencia introducidas por el profesor para proporcionar una evaluación automática la respuesta proporcionada por un estudiante ante una pregunta concreta.

Un curso correcto en Willled debe tener al menos un tema, con una pregunta y una respuesta correcta. El orden en que se introducen las preguntas dentro de cada tema no es importante, puesto que como se ha comentado en el capítulo anterior, Willow no elige las preguntas en el orden en que se han grabado en la plantilla sino atendiendo al modelo de cada estudiante y el nivel de dificultad en el que se encuentra. Esto supone liberar de trabajo extra al profesor que no tiene que establecer ningún orden a la hora de introducir las preguntas en los temas.

LENGUAJE:
CURSO:
DESCRIPCION :
Descripción del curso
TEMA:
Enunciado de la pregunta [puntuación nDificultad]
- Respuesta correcta 1.
- Respuesta correcta 2.
Enunciado de la pregunta [puntuación nDificultad]
- Respuesta correcta 1.
TEMA:
Enunciado de la pregunta [puntuación nDificultad]
- Respuesta correcta 1.

Figura 9-1 Ejemplo de plantilla para Willled

Como ejemplo, en la Figura 9-2 se muestra el comienzo de un ejemplo de plantilla real escrita por los profesores de Sistemas Operativos I para las prácticas del curso 2007/2008 en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

LENGUAJE : Spanish

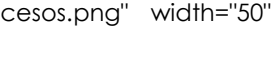
CURSO : Prácticas

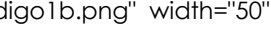
DESCRIPCION :

Colección de preguntas de las prácticas de Sistemas Operativos I del curso 2007-2008. El objetivo del curso es que los estudiantes repasen de cara al examen final de prácticas.

TEMA: Procesos

¿Cuántos procesos creará un código que llame 10 veces a fork y por qué? [1 bajo]

- Se crearán 1024 #procesos porque se llama a #fork 10 veces, y en cada ejecución de fork de cada #{proceso padre} se crea un nuevo #{proceso hijo}.
- En cada generación n hay 2^n procesos creados. Por lo tanto, puesto que hay 10 generaciones, habrá $2^{10} = 1024$ procesos. 
- Al principio, con $i=0$, sólo está el proceso padre. Luego, en la generación 1, hay 2^1 procesos (el padre y el primer hijo). En la generación 2, hay 2^2 procesos (el padre, el primer hijo, y dos hijos más). Así, hasta que finalmente en la novena generación hay 2^9 procesos, sumando un total de $1+2+4+8+16+32+64+128+256+512= 1023$ procesos creados más el proceso padre, 1024.

¿Qué ocurre y por qué si ejecutamos el código ? [1 medio]

- La secuencia numérica no aparece ordenada por pantalla, como se podría pensar en un bucle no #concurrente for desde $i=0$ hasta $i=9$. Esto es debido a que el orden de los procesos concurrentes no es secuencial. El orden cambia según el #{algoritmo de planificación} implementado. El proceso #planificador se encarga de aplicar el algoritmo para simular que los procesos se están ejecutando de forma concurrente, aunque en realidad si solo hay un procesador, solo se puede estar ejecutando un proceso cada vez y es el planificador quien va asignando cuantos de tiempo a los procesos para que parezca que se están ejecutando todos concurrentemente.
- En pantalla se muestra una secuencia no ordenada de números del 0 al 9 y a veces el mismo número aparece repetido varias veces. Esto es debido a que todos los procesos hijos que están siendo creados por el fork están ejecutando el printf cada uno con su valor de i. Además, puesto que el planificador va cambiando el orden de ejecución de los procesos para que todos se puedan ir ejecutando simultáneamente, la secuencia no puede ser ordenada secuencialmente sino que será ordenada según el algoritmo de planificación implementado.

Figura 9-2 Comienzo de la plantilla del curso de “Prácticas de Sistemas Operativos I”

9.1.2 Permitir la modificación del contenido del curso actualizando el modelo de usuario y de dominio

M-I2P5-P recomienda que se le permita al profesor añadir, eliminar o modificar cualquier información del curso y que, consecuentemente, la aplicación realice una actualización automática de la información del sistema (modelo de dominio o del estudiante) que pueda verse modificada debido a los cambios introducidos.

En Willow, para modificar los datos del curso, el profesor debe hacer clic sobre la opción del menú "Modificar datos", y entonces accede a una pantalla como la de la Figura 9-3. Los datos que se tienen que proporcionar sobre el curso son: su nombre, descripción con el objetivo del curso (para distinguirlo de otros cursos y orientar a los estudiantes en lo que se espera de ellos), el porcentaje de preguntas mínimo para subir de nivel de dificultad y el porcentaje de preguntas mínimo para bajar de nivel de dificultad. El profesor puede decidir asignar el mismo valor en ambas situaciones, o bien asignar valores distintos. En todo caso, la interfaz debe facilitar la introducción de esta información, y evitar confusiones a la hora de distinguir qué campo es para cada valor.

The screenshot shows the Willow web application interface for modifying course data. The interface has a blue header with the "Willow" logo. On the left is a sidebar menu with options like "Seleccionar Colección", "Modificar Datos", "Administrar Filiaciones", "Modificar Miembros", "Administrar Temas", "Administrar Preguntas", "Administrar Conceptos", "Otras Opciones", and "Cerrar Sesión". The main content area is titled "Colecciones / Modificar datos de Prácticas". It contains several sections: "Título" with the value "Prácticas"; "Breve descripción" with the text "Colección de preguntas de las prácticas de Sistemas Operativos I del curso 2007-2008. El objetivo del curso es que los alumnos repasen de cara al examen final de prácticas."; "Mecanismo de Promociones" with two bullet points: "Los alumnos **pasan de nivel** en un tema superando el 100 % de las preguntas de cada nivel para ese tema" and "Los alumnos **bajan de nivel** en un tema fallando el 60 % de las preguntas de cada nivel para ese tema"; and "Opciones de Visualización" with a checked checkbox "No mostrar la nota de Willow a los estudiantes". At the bottom right is a button labeled "Cambiar Datos".

Figura 9-3 Introducción/Modificación de las propiedades del curso en Willow

Para modificar los temas del curso, el profesor debe hacer clic sobre la opción del menú "Administrar Temas" y entonces accede a una pantalla como la que se muestra en la Figura 9-4. En esta pantalla, el profesor puede añadir un nuevo tema haciendo clic sobre el botón "Añadir tema" que se convierte en un cuadro de texto

para introducir el nombre del nuevo tema. Para modificar el nombre de un tema ya existente se debe hacer clic sobre el icono que representa un lápiz, o sobre el nombre, entonces se convierte en un cuadro de texto editable. Para eliminar un tema el profesor debe pulsar sobre la cruz roja (igual que cualquier otra eliminación de un elemento del curso).



Figura 9-4 Gestión de temas del curso actual en Willed

También es importante comentar que uno de los objetivos de la gestión de la interacción profesor-capacitador computacional es maximizar la facilidad de uso de la interfaz, evitando, por ejemplo, el uso de tecnicismos innecesarios, o asumir que los usuarios poseen unos conocimientos técnicos más allá de saber usar un navegador web, un teclado y un ratón.

De hecho, el profesor interactúa haciendo clic directamente sobre los elementos de la interfaz que desea modificar y escribiendo en los cuadros de texto que se le muestran en el momento justo en que tiene que escribir, para que evitar confusiones sobre el contenido de cada cuadro de texto si aparecen demasiados juntos.

Finalmente, la Figura 9-5 y la Figura 9-6 muestran cómo se permitía al profesor en el editor de Atenea (sin M-I2P5) modificar una pregunta, en contraste con cómo el profesor puede ahora modificar la pregunta en Willed (con M-I2P5).

Como se puede observar, la interfaz de Willed es más compacta, agrupando toda la información de la pregunta (pulsando sobre el símbolo + se puede desplegar el resto de la información). Además, en Willed se permite al profesor interactuar directamente con los elementos de cada pregunta simplemente haciendo clic sobre ellos, a diferencia del editor de Atenea, donde el profesor debía entender cuál de los

botones debía utilizar para realizar cada aspecto de la modificación a la pregunta (ej. modificar las respuestas correctas, o modificar el nivel de dificultad).

Además, en Willled se ha reforzado la información textual con el uso de iconos. Por ejemplo, para simbolizar el nivel de dificultad se usan estrellas (al igual que hacen muchos libros de texto con los ejercicios).

Figura 9-5 Modificación de una pregunta en el editor de Atenea (sin metodología)

Figura 9-6 Modificación de una pregunta en Willled (según la metodología)

9.1.3 Jerarquizar de forma natural la estructura de los cursos

M-I2P5-P recomienda que se siga, como mínimo, la estructura tradicional de los cursos, organizada en temas o unidades didácticas, de forma que esto facilite a los profesores la introducción en el sistema en línea del contenido del curso.

La Figura 9-7 muestra como en el editor de Atenea se listaban todas las preguntas de todos los temas en la misma pantalla, obligando al profesor a usar la barra de desplazamiento continuamente para poder encontrar la pregunta entre todas las existentes. Al implementar este método en Willed, las preguntas se han agrupado por temas para facilitar su gestión, como se puede observar en la Figura 9-8.

Editor de preguntas de Atenea - segundo paso

Ha seleccionado la colección so1

Selecciona una opción:

Modificar el tema de la colección:

Modificar las características del perfil del estudiante para este curso:

☒ Idioma

Otra característica:

Puede modificar las preguntas almacenadas para esta colección que son:

- ☐ ¿Qué es un sistema operativo?
- ☐ What is an operating system?
- ☐ In a real-time operating system, some processes must be executed within very strict terms of time. How these requirements can affect to the virtual memory's policy design?
- ☐ En un sistema operativo de tiempo real, algunos procesos deben ser ejecutados dentro de plazos de tiempo muy estrictos. ¿Cómo afectan estos requisitos al diseño de la política de memoria virtual?
- ☐ En el contexto de los dispositivos de entrada-salida, ¿qué significa 'independencia de dispositivo'?
- ☐ In the context of the input-output devices, what 'independence of device' means?

Figura 9-7 Gestión de preguntas en el editor de Atenea (sin metodología)

Willed

Opciones de Menú

- Seleccionar Colección
- Modificar Datos
- Administrar Filiaciones
- Modificar Miembros
- Administrar Temas
- Administrar Preguntas
- Administrar Conceptos
- Otras Opciones
- Cerrar Sesión

Colecciones /

Administrar Preguntas de Prácticas

- ☐ [Procesos \(16 preguntas\)](#)
- ☐ [Señales \(15 preguntas\)](#)
- ☐ [Memoria compartida \(13 preguntas\)](#)
- ☐ [Semáforos \(20 preguntas\)](#)
- ☐ [Colas de mensajes \(19 preguntas\)](#)

Figura 9-8 Gestión de preguntas en Willed (según la metodología)

9.1.4 Limitar la información de edición en cada pantalla

M-I2P5-P recomienda limitar la cantidad de información que se presenta en cada pantalla a la realmente relevante para la misma, de forma que esto enfoque la atención del profesor en un determinado objetivo. Con ello, M-I2P5-P limita la sobrecarga cognitiva que puede sufrir un profesor en páginas con demasiados elementos y algunos no relevantes para la tarea en curso.

En Willed, como se ha mostrado en la Figura 9-3, se centra la información únicamente en las propiedades del curso, sin entrar en detalle acerca de ningún tema o pregunta de un tema. Por otro lado, en la Figura 9-4, el profesor puede acceder al listado de los temas del curso, pero no todavía a las preguntas de cada tema que se muestran en la Figura 9-8, ni a las preguntas particulares a las que se accede como se muestra en la Figura 9-6.

9.1.5 Permitir la introducción de contenido multimedia

M-I2P5-P recomienda que se le permita al profesor introducir el contenido de sus cursos usando diversos formatos de presentación como textos, imágenes o vídeos para así poder presentar el contenido de acuerdo a su naturaleza y permitir una mejor clarificación del mismo. De esta forma, por ejemplo, puede ser útil mostrar un texto teórico determinado junto a un icono que presente información gráfica y práctica complementaria a dicho texto.

En Willed se permite la introducción de texto e imágenes tanto en las preguntas que se presentarán a los estudiantes como en las respuestas de referencia a dichas pregunta. La introducción de estos elementos multimedia se permite en los dos tipos de mecanismos proporcionados para la introducción del contenido del curso: la plantilla de contenido y los formularios de entrada en línea de preguntas y respuestas de referencia. Un ejemplo de contenido multimedia se puede apreciar en la Figura 9-9, donde se muestra el formulario de entrada y presentación de los contenidos.

Willd

Opciones de Menú

- Seleccionar Colección
- Modificar Datos
- Administrar Filiaciones
- Modificar Miembros
- Administrar Temas
- Administrar Preguntas
- Administrar Conceptos

Otras Opciones

- Cerrar Sesión

¿Cuántos procesos creará un código que llame 10 veces a fork como se muestra en el código inferior y por qué?

```
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv [], char *env [])
{
    int i;

    for (i = 0; i < 10; i++)
    {
        fork ();
        printf ("%d\n", i);
    }

    exit (0);
}
```

(1.0 puntos máx.)

☐ Se crearán 1024 procesos porque se llama a fork 10 veces, y en cada ejecución de fork de cada proceso padre se crea un nuevo proceso hijo.

☐ En cada generación n hay 2^n procesos creados. Por lo tanto, puesto que hay 10 generaciones, habrá $2^{10} = 1024$ procesos.

Diagrama: 1ª generación ($2^1 = 2$)

```

graph TD
    A(1978) -- fork --> B(1978)
    A -- fork --> C(1979)
    
```

Figura 9-9 Muestra de información multimedia en Willd

9.2 Proceso de Monitorización del Estudiante

El proceso de Monitorización del Estudiante se encarga de gestionar la interacción relacionada con la presentación al profesor de información de progreso de cada estudiante. Este proceso es similar al proceso Informador de la Evaluación Global que forma parte de la gestión de la interacción estudiante-capa computacional, tal como se explicó al hablar de los métodos de M-I2P5-P (ver Capítulo 6). Este último proceso se encarga de presentar al estudiante información de evaluación del proceso de aprendizaje global. Sin embargo, hay diferencias en la implementación de ambos:

- El profesor puede ver el modelo conceptual de cualquiera de sus estudiantes, o de cualquier subgrupo de estudiantes que seleccione, mientras que un estudiante sólo puede ver su modelo conceptual, o el de toda la clase.
- Mientras que los estudiantes no veían todo el modelo conceptual desde el principio, sino sólo aquellos conceptos que habían usado al menos una vez en sus respuestas, y el modelo iba creciendo a medida que el estudiante iba usando nuevos conceptos, el profesor en Willd puede ver todo el modelo desde el principio ya que el objetivo en este caso no es orientar el estudio, sino orientar la instrucción. Esto es, que el profesor pueda identificar qué conceptos son los que se deben repasar más en clase, porque en el modelo aparecen marcados en rojo.

- El profesor tiene acceso también a más información de rendimiento, como gráficas con la frecuencia de acceso, el número de preguntas correctas superadas, etc.

A continuación, en los siguientes apartados, se describe la implementación realizada de cada uno de los métodos asociados a este proceso.

9.2.1 Proporcionar la información de rendimiento del estudiante agrupada por estudiante y grupos de estudiantes

M-I2P5-P recomienda que se proporcionen mecanismos para mostrar la información de rendimiento estudiantes concretos y de grupos determinados de estudiantes en función de los intereses de monitorización del profesor (por ejemplo, estudiantes que están teniendo dificultades).

En Willov, como se muestra en la Figura 9-10, el profesor accede al listado de todos los estudiantes registrados para el curso. Para seleccionar un estudiante y por lo tanto que Willov muestre información de su progreso, el profesor únicamente debe hacer clic sobre la casilla que aparece al lado de su nombre. Además, si pulsa en la casilla superior izquierda, podrá seleccionar simultáneamente todos los estudiantes registrados sin necesidad de hacer clic en el nombre de cada uno de ellos.

Colecciones /

Selección de un Estudiante o un Grupo de estudiantes

<input type="checkbox"/>	Nombre	Apellidos	Respuestas			Filiación
			Totl	Pasd	Gráf	
<input checked="" type="checkbox"/>	Pedro	Ficticio Uno	66%	50%		SO_0708_3B
<input checked="" type="checkbox"/>	Juana	Ficticio Dos	101%	100%		SO_0708_2C
<input checked="" type="checkbox"/>	Sonia	Ficticio Tres	37%	20%		SO_0708_2A
<input checked="" type="checkbox"/>	Ismael	Ficticio Cuatro	40%	31%		SO_0708_2C
<input checked="" type="checkbox"/>	Hilaria	Ficticio Cinco	51%	44%		SO_0708_2C
<input checked="" type="checkbox"/>	Leyre	Ficticio Seis	93%	92%		SO_0708_2C
<input checked="" type="checkbox"/>	Rubén	Ficticio Siete	0%	0%		SO_0708_2A

Figura 9-10 Selección de estudiantes para ver su modelo conceptual en Willov²

² Los nombres de los estudiantes incluidos en esta figura han sido cambiados para proteger los datos de los sujetos de estudio

9.2.2 Proporcionar información completa y multimodal

M-I2P5-P recomienda que se muestre la información de rendimiento y conocimiento del estudiante en varios formatos complementarios, de forma que se permita una visión integral del conocimiento del estudiante en relación a la motivación de éste.

Este método se ha implementado en Willov proporcionado al profesor no únicamente los modelos conceptuales según las representaciones ya explicadas en el apartado 8.2.1 (mapa conceptual, diagrama conceptual, diagrama de barras, tabla y resumen textual); sino, también, gráficas de monitorización que indican el nivel de dificultad en el que se encuentran los estudiantes seleccionados, así como otros indicadores de rendimiento que se describen a continuación.

Para acceder a la gráfica de los niveles de dificultad, mostrada en la Figura 9-11, el profesor simplemente debe hacer clic sobre la opción "Niveles de dificultad" del menú lateral de Willov, y ver cómo se genera un diagrama de barras que le muestra para cada tema seleccionado del curso, el porcentaje de estudiantes que se encuentra en cada nivel de dificultad.

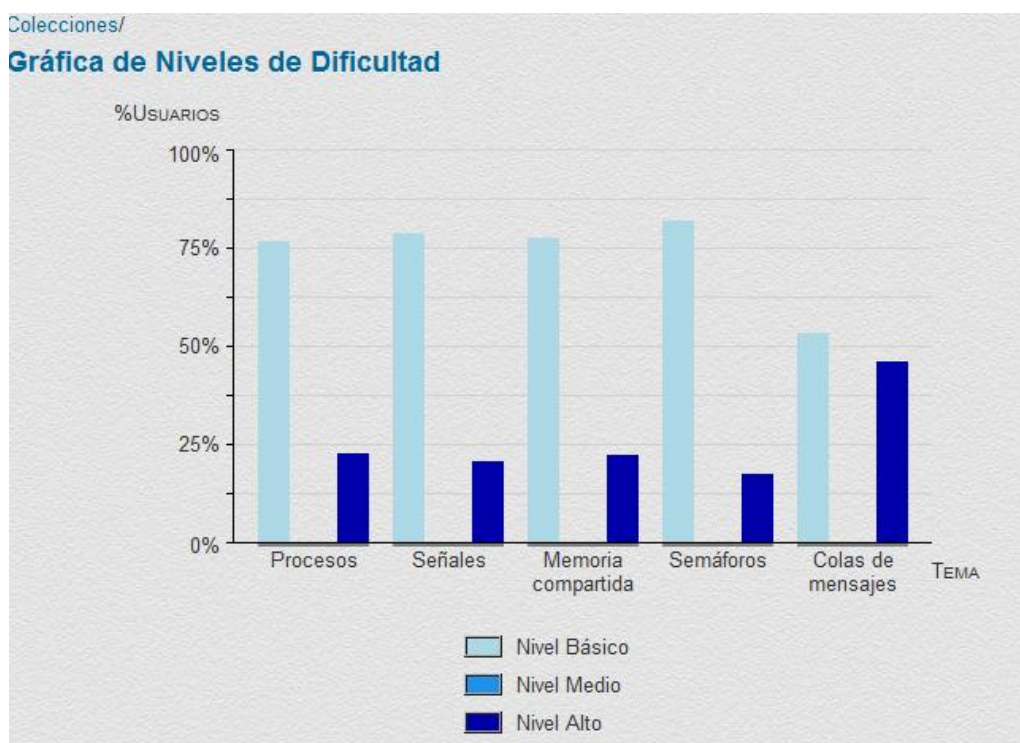


Figura 9-11 Gráfica de los niveles de dificultad en Willov

Esta información es útil en su formato gráfico (en lugar de en su formato textual en registros (logs) más complicados de entender), ya que inspeccionándolo el profesor puede concluir, como en este ejemplo, que la mayoría de los estudiantes sigue

todavía en el nivel básico de dificultad, y animarles en el siguiente día de clase a repasar más con el sistema para conseguir pasar al siguiente nivel.

Para acceder al resto de gráficas de monitorización, el profesor tan sólo debe hacer clic sobre su nombre. Así, por ejemplo, para visualizar las gráficas de actividad basta con pulsar sobre dicha opción del menú, y entonces obtiene un pantallazo completamente actualizado como se muestra en la Figura 9-12, sin necesidad de introducir ningún dato adicional o hacer ningún cálculo por parte del profesor.

Se pueden distinguir tres gráficas de actividad principales:

- **El porcentaje total de usuarios por día:** gráfica de barras en la que el eje X representa el tiempo en días, mientras que el eje Y se corresponde con el porcentaje de estudiantes que han accedido al sistema. En el ejemplo, el profesor puede observar fácilmente que durante el mes de mayo hubo una baja participación de estudiantes en Willow, que aumentó el día 22 de mayo, que fue el día en el que se registró un mayor número de accesos.
- **El porcentaje total de preguntas respondidas realizadas cada día:** gráfica de barras en la que el eje X representa el tiempo en días, mientras que el eje Y se corresponde con el porcentaje de preguntas que han sido respondidas por los estudiantes que han accedido al sistema. Así, el profesor puede saber si han accedido a Willow pero simplemente han dejado encendido el ordenador sin empezar a responder preguntas. En el ejemplo de la Figura 9-12 parece que, en general, no ha sido así, y que el día 22 de Mayo no sólo hubo un aumento en el porcentaje de estudiantes que accedieron a Willow, sino también en el porcentaje de preguntas que respondieron.
- **El número medio de preguntas respondidas por estudiantes cada día:** Gráfica de barras que en el eje X representa el tiempo en días, mientras que el eje Y corresponde no a un porcentaje, sino al valor absoluto de preguntas que han sido respondidas por los estudiantes. Así, el profesor puede observar rápidamente de la Figura 9-12 que en promedio los estudiantes responden unas 50 preguntas al día, estando el pico máximo en el 6 de Junio en el que se registraron un valor de 106.

Todas estas gráficas son interactivas: se puede cambiar las fechas de monitorización, para lo que el profesor sólo debe hacer clic sobre la fecha inicial que aparece en la parte superior, y entonces aparece un cuadro de texto para que introduzca la nueva fecha en el mismo formato que se encontraba la anterior (AAAA-

M-DD), y si se pulsa sobre cualquiera de las barras se accede a una pantalla que muestra información específica sobre los estudiantes que accedieron o respondieron preguntas ese día (ver la Figura 9-13).

Por ejemplo, se puede observar cómo al pulsar sobre la barra del día 22/6/2008 se genera un resumen de datos de acceso a Willow que indica para cada estudiante: su nombre, la hora en la que realizó cada acción e información específica sobre la acción que realizó. En particular se indica si se accedió para:

- Responder una pregunta, la hora de inicio y final (para mostrar el tiempo que le dedicó a la pregunta), y si superó o falló la pregunta.
- Visualizar cualquier representación del modelo conceptual: el formato de representación de los cinco disponibles (mapa conceptual, diagrama conceptual, diagrama de barras, tabla o resumen textual), si fue su modelo individual o el de la clase, qué temas escogió, y cuánto tiempo observó dicha representación.

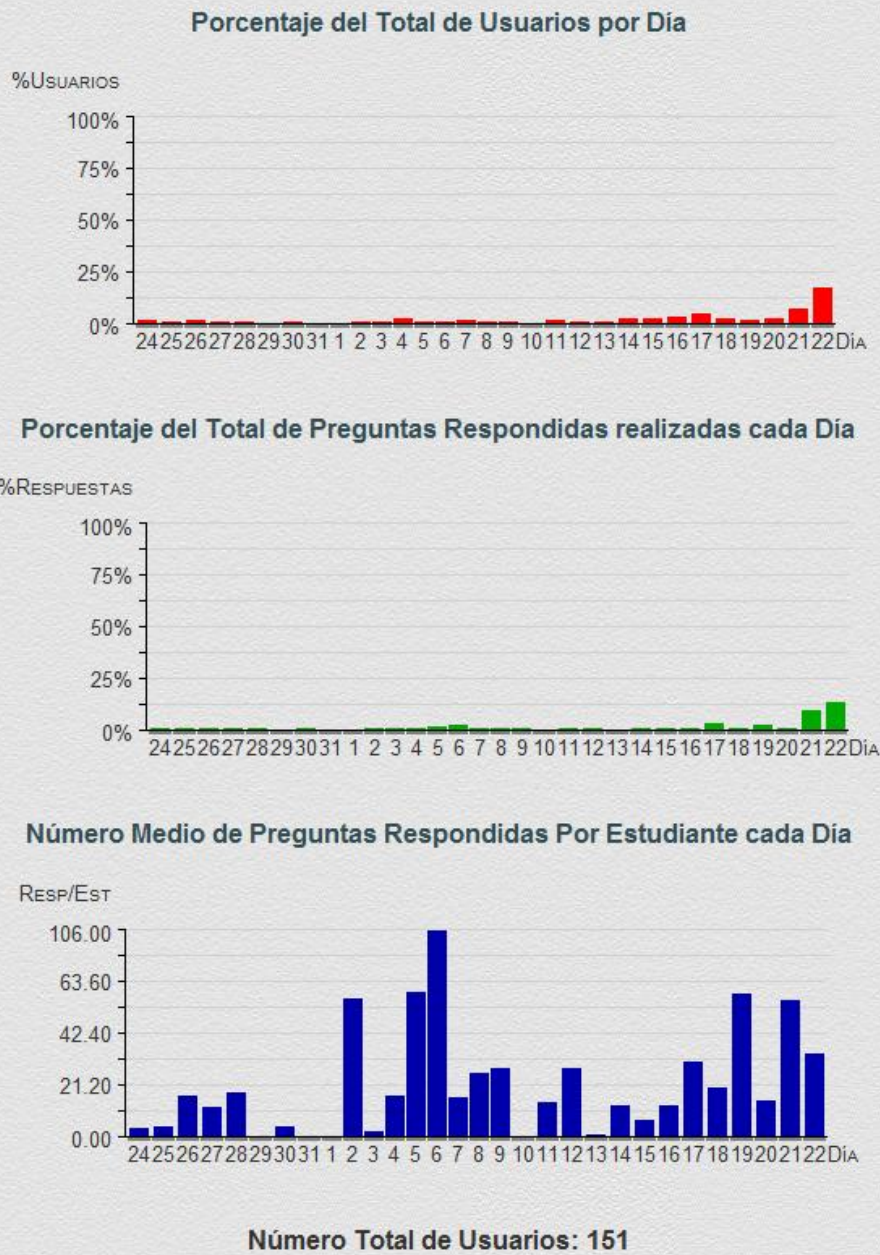
Además, en cualquier momento que el profesor pulse sobre el nombre del estudiante en la Figura 9-13 se genera la posibilidad de comunicarse mediante un correo con el estudiante como se muestra en la Figura 9-14

Esto facilita la interacción profesor-capacitador computacional porque el profesor no tiene que buscar explícitamente el sistema de gestión de correo electrónico, puesto que accede directamente desde Willow. Además facilita la interacción estudiante-profesor, puesto que si el profesor detectara que el estudiante falla muchas preguntas sobre el mismo concepto, podría escribirle un correo al estudiante para indagar en los motivos de sus fallos.

El profesor puede saber también que representación del modelo conceptual tanto individual como el de la clase está siendo accedido más veces por los estudiantes, seleccionando la opción "Gráfica de accesos a modelos" del menú de Willow, y también puede visualizar otro histograma seleccionando la opción "Gráfica de modelos" en el que se muestra en el eje X el tiempo en días, y en el eje Y el número de veces que han sido visualizadas las representaciones tanto individuales como de la clase (así puede distinguir si los estudiantes sólo acceden a Willow para acceder a sus modelos y preguntarles por qué no usan el sistema para responder preguntas).

Colecciones/

Gráficas de Actividad a partir de 2008-5-24



Hay valores de log a partir del día 2008/5/7 hasta el día 2008/6/23

Figura 9-12 Gráficas de actividad de Willov

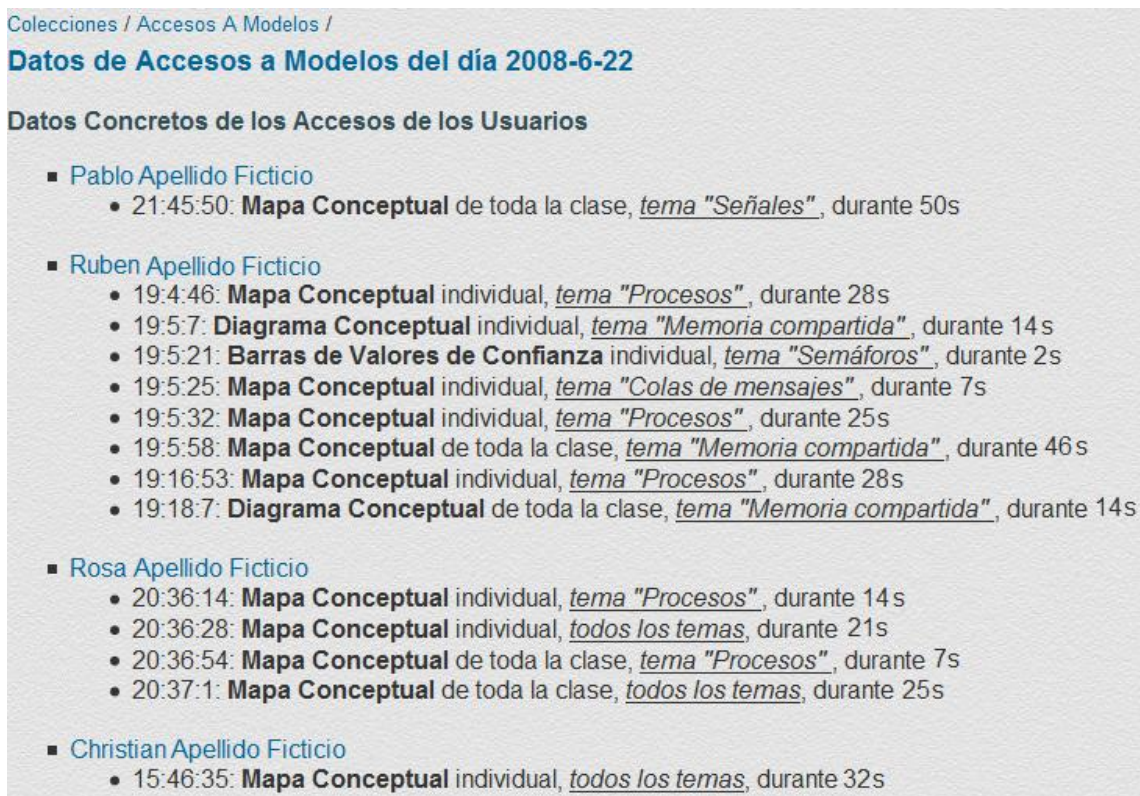


Figura 9-13 Datos de acceso relativos al día 22/6/2008

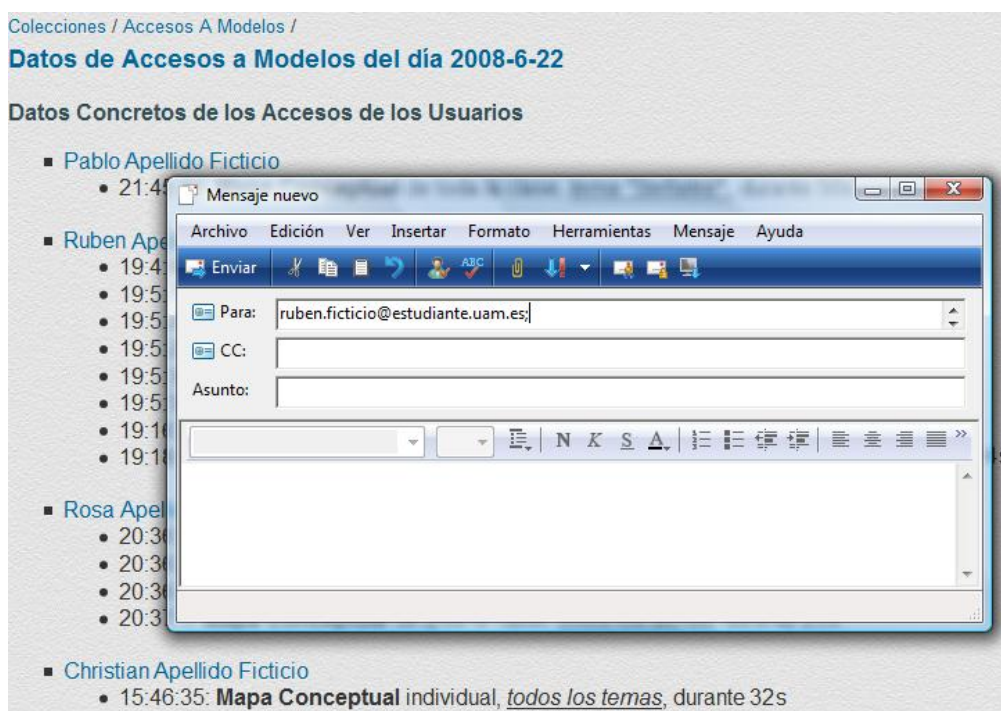


Figura 9-14 Comunicación estudiante-profesor por correo en Willow

9.2.3 Garantizar que la información esté actualizada

M-I2P5-P recomienda que toda la información de monitorización que se muestre siempre se presente actualizada y no corresponda a días o semanas anteriores al tiempo de consulta, de lo contrario es posible que la utilidad de dicha información puede verse reducida.

En Willov se garantiza que la información siempre está actualizada, porque no es introducida por ningún administrador o profesor, sino generada automáticamente a partir de la información registrada en los registros (*logs*) de Willow.

9.2.4 Permitir elegir el nivel de detalle

M-I2P5-P recomienda que se permita al profesor, a diferencia del estudiante, llegar al máximo nivel de información en cada diagrama de todos y cada uno de los estudiantes.

En Willov, como se ha mostrado en la Figura 9-12 y la Figura 9-13, el profesor puede elegir inicialmente ver toda la gráfica completa para todos los estudiantes durante el período de tiempo que seleccione, o bien pulsando sobre la barra representativa de un determinado día, centrarse en un mayor nivel de detalle y estudiar exactamente qué estudiantes accedieron al sistema dicho día y las operaciones que realizaron. Es más, como se mostró en la Figura 9-10, simplemente haciendo clic sobre la casilla asociada a cada estudiante, puede cambiar el grupo de estudiantes sobre los que se generan las gráficas de monitorización y rendimiento.

9.2.5 Permitir la generación automática de informes

M-I2P5-P recomienda que se generen informes automáticos con informes de monitorización y estos puedan ser integrados en alguna de las rutinas de la vida diaria del profesor como por ejemplo a través del correo electrónico y siempre en función de los intereses de éste.

En Willov se facilita el acceso a esta información de monitorización mediante la generación automática de informes que se le envían por correo electrónico al profesor. De hecho, como se muestra en la Figura 9-15, el profesor tiene en Willov la posibilidad de programar cuándo quiere recibir los informes por correo. De esta forma, puede indicar en qué correo quiere recibir los informes, a qué hora, y de qué curso, y recibe todos los informes disponibles (individuales, de cada grupo, o de la clase).

Programación de Tareas

Timer activo

Acción	Tarea	Hora	Opciones
Desactivar	Generar Informe	Sat Dec 20 05:00:00 CET 2008	EMAIL: ismael.pascual@uam.es COLECCION: Sistemas Operativos

Rellena estos datos para crear una temporización estandar

Correo

Hora

Colección

Tareas

Figura 9-15 Formulario para programación de tareas automáticas de generación de informes de monitorización que se envíen al correo

El profesor también puede elegir el contenido que quiere que aparezca en el informe generado (ver Figura 9-16). Si se selecciona "Informe de todos los estudiantes de la colección", el profesor obtiene un informe con los resultados promedio de toda la clase. Si selecciona "Informes para cada uno de los estudiantes" obtiene tantos informes como estudiantes están registrados en el curso. Y, si selecciona "Informe para cada una de las filiaciones", obtiene tantos informes como grupos distinguió a la hora de crear el curso en Willod. Como se puede apreciar en la Figura 9-16 ninguna de estas opciones es incompatible, pudiendo obtener el profesor todos estos informes, tanto de toda la clase, como de los grupos y de los estudiantes individuales.

Generación de Informes Willod

Selecciona una colección

Elige los elementos que quieres incluir en el informe:

- ☒ Informe de todos los estudiantes de la colección
- ☒ Informes para cada uno de los estudiantes
- ☒ Informe para cada una de las filiaciones

Figura 9-16 Página usada para pedir generación de informes de monitorización

Parte V

Experimentos y Conclusiones

En este último bloque se presentan los experimentos realizados tanto con un sistema cuya gestión de la interacción no fue planificada desde el inicio (Atenea) como los experimentos realizados con un sistema en el que la metodología M-I2P5, de gestión de la interacción, ya ha sido implementada (Will Tools).

En particular, se muestra la evaluación realizada de la facilidad de uso y satisfacción del grado de interacción alcanzado estimándola en función de los resultados obtenidos por indagación y cuestionarios con preguntas abiertas y cerradas.

Finalmente, el bloque concluye indicando las principales conclusiones en relación a los experimentos y logros obtenidos tras el diseño de la metodología de gestión de la interacción.

Capítulo 10

Experimentos y Evaluación

En este capítulo se describen los experimentos realizados que demuestran que la gestión de la interacción en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea usando M-I2P5 resulta beneficiosa al aumentar su facilidad de uso así como el grado de satisfacción de sus usuarios.

Para realizar esta valoración de la metodología se han escogido tres de las técnicas de evaluación de la interacción que se revisaron en el Capítulo 2: test de usabilidad, cuestionarios de satisfacción y entrevistas.

El test de usabilidad es la técnica más objetiva que permite identificar si ante un conjunto de tareas que se les solicitan a los usuarios éstos son capaces de realizarlas.

Las otras dos técnicas (cuestionarios y entrevistas) tienen un carácter más subjetivo, útiles para recoger las opiniones de todos los sujetos que participan en el experimento. Los cuestionarios son especialmente adecuados para muestras grandes, y las entrevistas para muestras pequeñas. En algunas ocasiones, se ha combinado su uso para identificar, mediante entrevistas, información específica.

La evaluación de la metodología se realizará en base a los dos tipos principales de interacción que han sido gestionados: estudiante-capa computacional y profesor-capa computacional.

10.1 Valoración de M-I2P5-E para gestión de la interacción estudiante-capa computacional

Desde el curso 2004/2005 hasta el curso 2007/2008 se han probado en el Departamento de Ingeniería Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid los sistemas: Atenea, el Editor de Preguntas de Atenea y el visualizador de modelos conceptuales COMOV, que habían sido diseñados en su origen sin tener en cuenta los métodos recopilados en M-I2P5; y el conjunto de herramientas Will Tools (Willow, Willov y Willed)

En particular, el primer experimento realizado como parte de este trabajo, cuyos objetivos incluían estudiar la interacción alcanzada por Atenea y COMOV (ambos sin M-I2P5), se realizó durante el curso 2006/2007 con un grupo de estudiantes de Telecomunicaciones (con conocimientos informáticos específicos) (Pérez-Marín *et al.*, 2007a).

El segundo experimento que se realizó se desarrolló durante el curso 2007/2008. Este experimento trató el uso de Willow, ya con la metodología M-I2P5-E implementada, propuesta en la Parte III para gestión de la interacción entre el estudiante y la capa computacional. Este experimento se realizó con estudiantes de Pragmática Inglesa (sin conocimientos informáticos específicos).

El tercer y último experimento que se ha realizado se desarrolló durante el curso 2007/2008. Este experimento trató acerca del uso de Willow con M-I2P5-E implementada. El experimento se realizó con un grupo de estudiantes de Ingeniería Informática (con conocimientos informáticos específicos).

No se ha realizado ningún experimento de uso de Atenea+COMOV sin metodología de gestión de la interacción para estudiantes sin conocimientos informáticos específicos, puesto que de la propia lectura del estado del arte se deduce que si a un grupo de estudiantes sin conocimientos informáticos específicos se les obliga a usar complejos sistemas informáticos los resultados serán negativos.

Por otro lado, dos son los contrastes que más interés muestran para validar la metodología de gestión de la interacción:

- Comprobar si aumenta el nivel de satisfacción de los estudiantes con conocimientos informáticos específicos al usar Willow con la metodología M-I2P5 implementada en lugar de usar Atenea+COMOV sin la metodología, como se verá en el Apartado 10.1.1
- Comprobar que al usar la metodología M-I2P5 tanto estudiantes con formación técnica específica como estudiantes sin formación técnica pueden usar Willow sin problemas. Además, se comprobará si existen diferencias entre la forma en que usan el sistema. Esto se verá en el Apartado 10.1.2.

10.1.1 Impacto de la aplicación de M-I2P5-E en estudiantes con formación técnica específica

El objetivo de este estudio es responder a la pregunta: **¿Implementar la metodología M-I2P5-E (de gestión de la interacción estudiante-capacitadora computacional) en Willow supone una mejora del nivel de satisfacción de los estudiantes con formación técnica?**

Para poder responder a esta pregunta se planteó, en primer lugar, un experimento con un grupo de 24 estudiantes voluntarios (aproximadamente el 41% del total de la clase) de la asignatura de Sistemas Operativos de Ingeniería de Telecomunicación, que se ofrecieron a usar Atenea para repasar durante el curso, desde octubre de 2006 hasta enero de 2007 (Pérez-Marín et al., 2009).

La motivación proporcionada a los estudiantes fue que aquellos que usaran Atenea se les tendría en cuenta positivamente para casos dudosos en la nota final (por ejemplo, un 4.8 que pasa a ser aprobado si se ha usado Atenea). La Figura 10-1 muestra un histograma con la frecuencia de acceso de los estudiantes a Atenea.

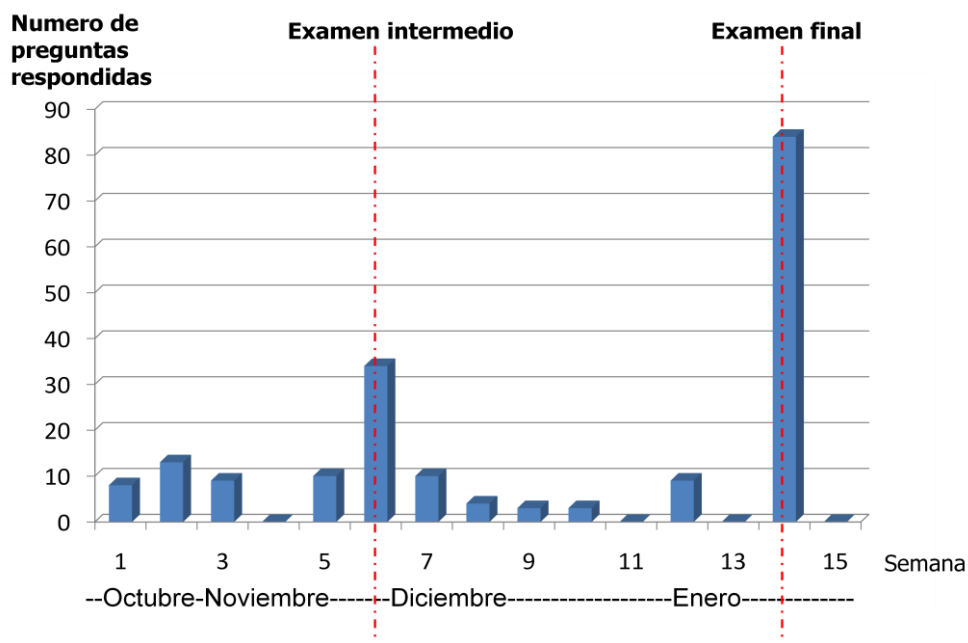


Figura 10-1 Frecuencia de uso de Atenea en el curso 2006/2007

Como se puede apreciar, los estudiantes usaron el sistema especialmente los días previos a los exámenes. Pero es aún más destacable, que una vez pasado el primer examen parcial a mediados de Noviembre, no dejaron de usar Atenea, sino que el número de estudiantes que repasaron con el sistema aumentó para el examen final en enero.

En relación al uso de los mapas conceptuales, 11 estudiantes (46%) accedieron a COMOV para observar alguna representación del modelo conceptual.

Al final del curso se les pidió a los estudiantes que rellenaran vía web de forma voluntaria y anónima el cuestionario de satisfacción que aparece en el Apéndice B (*Cuestionario de satisfacción del uso de COMOV (2006/2007)*). Sólo 5 estudiantes (21% de los estudiantes que participaron en el estudio) rellenaron el cuestionario. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Todos los estudiantes tienen Internet en casa.
- Todos los estudiantes marcaron que "En general, el sistema le había resultado fácil de usar" y que consideran el sistema útil para reforzar conceptos.
- Cuatro de los estudiantes opinan que el sistema se ajusta bien a sus necesidades, que es ameno y lo usarían para otras asignaturas también. Un estudiante, en cambio, considera que es molesto tener que repetir tantas veces la misma pregunta.

En conclusión, la mayoría de los estudiantes está satisfecha de haber usado el sistema, y una minoría piensa que es molesto tener que repetir varias veces la misma pregunta. Estos resultados confirman un experimento previo que ya se había realizado con Atenea en el curso 2005 durante una hora en la clase de Sistemas Operativos de Telecomunicaciones en la que los 32 estudiantes que lo usaron consideraron que era usable (4.1 en la escala 0-"muy difícil de usar" a 5-"muy fácil de usar"), y que se ajustaba medianamente a sus necesidades de repaso (3.3 en la escala 0-"no se ajusta" a 5-"se ajusta completamente").

Debido al bajo número de estudiantes que participó en el primer experimento, se pudieron realizar algunas entrevistas a estudiantes elegidos aleatoriamente. Especialmente el día que se usó Atenea en clase en el curso 2005. Entonces se preguntó a tres estudiantes acerca de qué opinaban sobre el sistema y en qué se podría mejorar. Aunque la respuesta inicial siempre era que el sistema era útil para repasar conceptos, una vez se avanzaba en la entrevista se comprobaba que los tres estudiantes consideraban que el sistema era demasiado estricto, les ponía notas demasiado bajas y les obligaba a repasar una y otra vez preguntas que ellos consideraban que ya habían pasado.

Dos de estos tres estudiantes consideraban, según sus propias palabras, que el problema estaba relacionado con el módulo de "Inteligencia Artificial" que se

encargaba de la evaluación de las respuestas en texto libre, que debía ser mejorado. Un tercero consideraba que el problema estaba relacionado con que el sistema era "frío" y demasiado "controlador". Esto es, la interfaz siempre era como un examen, haciendo una pregunta y esperando una respuesta constantemente, y no había otra forma más libre a la hora de interactuar con él.

Las entrevistas que se realizaron a los estudiantes del curso 2006 no se realizaron cara a cara sino por correo. Cuando la entrevista tuvo lugar, los estudiantes ya habían tenido acceso a su modelo conceptual en COMOV y confirmaron las peticiones de sus compañeros del año anterior: varios estudiantes pedían que el sistema fuera menos estricto y la interfaz más amigable. Además, cuando se les preguntó por qué pensaban que tan poca gente había accedido a COMOV para visualizar el modelo conceptual, respondieron que no funcionaba.

Al comprobar por qué pensaban que no funcionaba, habiéndose probado la interfaz para su uso con Firefox, los estudiantes respondieron que estaban usando Internet Explorer y, aunque se comunicó por correo que el sistema debía usarse con Firefox, y que la descarga de esta aplicación era gratuita, sin ningún tipo de dificultad técnica especial, solo 11 de ellos lo hicieron, y el resto dejó de usar el sistema.

En el curso 2007/2008 se pidió a los 173 estudiantes de prácticas de Sistemas Operativos de Ingeniería Informática que usaran Willow (con M-I2P5 implementada) de forma voluntaria durante el segundo cuatrimestre. La motivación fue la misma que en el experimento previo, esto es, resolver casos de estudiantes con nota dudosa.

Al contrario que en el caso anterior, ahora se puede observar como los estudiantes hacen un uso más continuado del sistema, y no repasan únicamente en los días previos al examen (que se realizó el día 23/06/2008) (ver la Figura 10-2).

Además, cuando se terminó el curso se les pidió que rellenaran un cuestionario de satisfacción de forma anónima y voluntaria (véase Apéndice E: *Cuestionario de satisfacción para estudiantes técnicos (2007/2008)*). En esta ocasión se les entregó el cuestionario en papel, y se les animó encarecidamente a rellenarlo porque su opinión era fundamental para poder seguir mejorando el sistema. De esta forma, se consiguió que 133 (77% de la clase) estudiantes lo completaran. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- El 99% de los estudiantes tienen Internet en casa, sólo 1 estudiante no tiene Internet, pero está considerando instalarlo para el próximo curso.
- Todos los estudiantes consideran que el sistema es fácil de usar y ameno.

- El 64% de los estudiantes afirman que prefieren repasar usando Willow frente a los medios tradicionales de repaso en papel.
- Ningún estudiante considera que el sistema sea poco amigable, ni “frío” o “controlador”. Por el contrario, la mayoría de los estudiantes enfatizan que repasar con el sistema es más entretenido que estudiar de otra forma, porque es más interactivo y les motiva más.

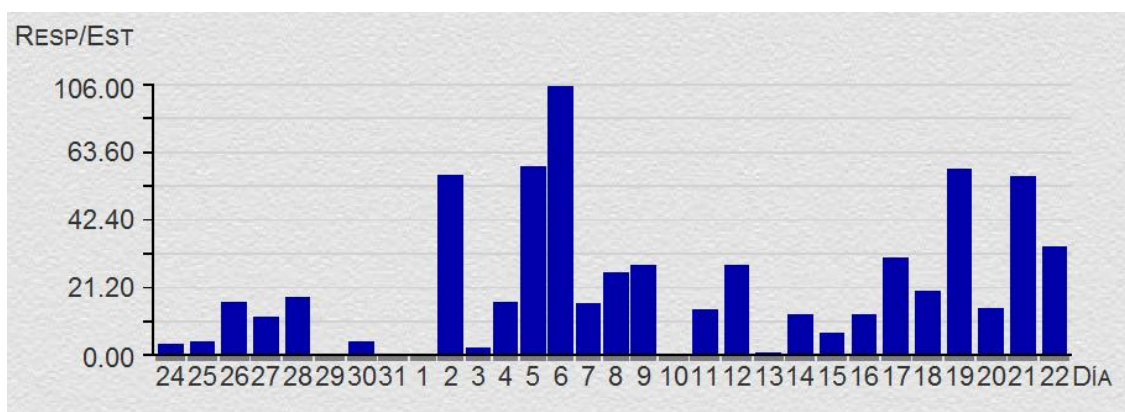


Figura 10-2 Frecuencia de uso de Willow en el curso 2007/2008

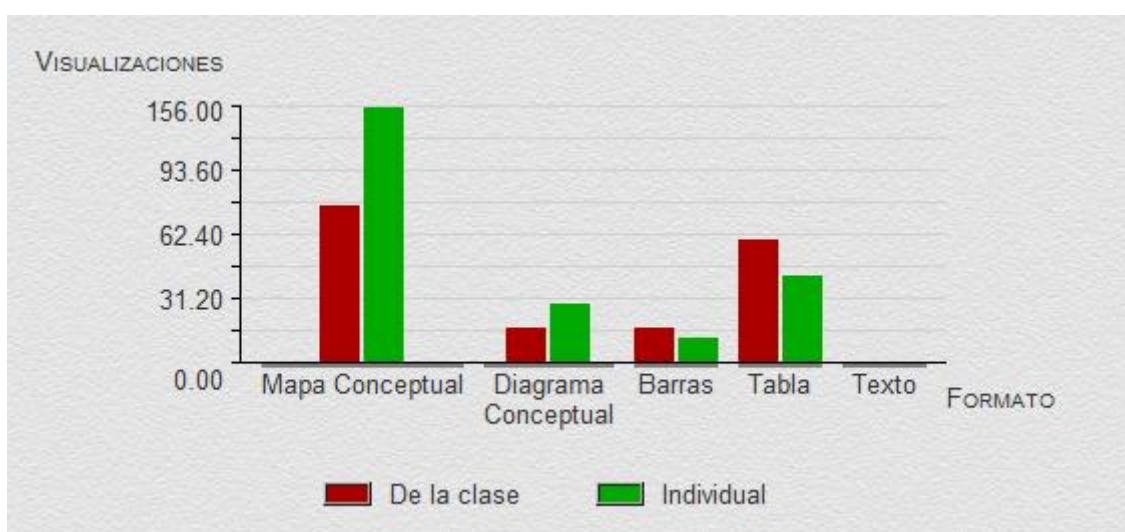


Figura 10-3 Uso del modelo conceptual en Willow por parte de estudiantes técnicos

Respecto al uso del modelo conceptual, en esta ocasión fue mucho mayor, como se puede apreciar en la Figura 10-3. El mapa conceptual individual fue la forma de representación más accedida recibiendo 156 visitas, seguida por el mapa conceptual de la clase, con 78 visitas. La representación tabular de la clase fue la segunda forma de representación más accedida del modelo conceptual recibiendo

62 visitas, y 46 en su forma individual. Las siguientes formas de representación más accedidas fueron el diagrama conceptual individual, con 31 visitas, y el diagrama conceptual de la clase, con 15. Las formas de representación menos vistas fueron el diagrama de barras individual, con 13 visitas, y la representación textual que no fue visualizada por ningún estudiante, ni en su forma individual ni de la clase.

Por lo tanto, volviendo a la pregunta objeto de este estudio: ***¿Implementar la metodología M-I2P5-E (para gestionar la interacción estudiante-capacitacional) en Willow supone una mejora del nivel de satisfacción de los estudiantes con formación técnica específica?*** La respuesta a esta pregunta es afirmativa, puesto los estudiantes con formación técnica específica han usado más y con más constancia el sistema durante el curso. Además, estos estudiantes han usado características como el modelo conceptual, que al estar integrado en el mismo sistema, ha adquirido un nuevo valor para los mismos. Por último al revisar los cuestionarios de satisfacción y hablar con los estudiantes, no se ha encontrado ya el malestar inicial ante un sistema demasiado "frío", "estricto" y "controlador", y, por el contrario, la idea general es que es una forma entretenida de repasar y reforzar conceptos, interactiva y amigable.

10.1.2 Comparativa de la aplicación de M-I2P5 entre estudiantes con y sin formación técnica específica

El objetivo de este segundo estudio es doble (Pérez-Marín *et al.*, 2009): en primer lugar responder a la pregunta ***¿implementar la metodología M-I2P5-E (para gestionar la interacción estudiante-capacitacional) en Willow supone que tanto estudiantes con formación técnica específica como sin ella pueden usar el sistema resultante?*** Y en segundo lugar, si esto es así, ***¿existen diferencias significativas entre el uso que hacen del sistema ambos tipos de estudiantes?***

Para poder responder a esta pregunta, se comparan el último experimento descrito en el apartado anterior, en el que Willow era usada por 133 estudiantes voluntarios (77% de la clase) de Ingeniería Informática en el curso 2007/2008, con otro experimento realizado en el curso 2007/2008, en el que Willow fue usada por 22 estudiantes voluntarios (49% de la clase) de Pragmática de los estudios de Filología Inglesa.

Los estudiantes de Pragmática no tienen formación técnica específica previa, aunque un 47% afirma que usan regularmente Internet, y su rango de edades está en torno a los 20 años (excepto una estudiante que tenía 50 años). Cuando se les pidió que usaran Willow, en primer lugar en clase, para poder observar cómo se

comportaban ante el sistema y, posteriormente, desde cualquier ordenador conectado a Internet, se pudo comprobar cómo no tenían ningún problema en interactuar con el sistema, y no encontraron ninguna dificultad técnica o característica que no supieran utilizar.

De hecho, la Figura 10-4 muestra el número de estudiantes que utilizaron varias de las funciones de Willow intuitivamente el primer día de su uso en clase, sin necesidad de explicación:

- El 95% de los estudiantes seleccionaron los temas que querían repasar sin dificultad.
- El 77% modificó el avatar que les representa.
- El 77% visitó el histórico de preguntas.
- El 27% modificó sus datos personales.
- El 68% visitó alguna representación del modelo conceptual.
- Incluso un 18% de los estudiantes intentó engañar al sistema, copiando alguna respuesta correcta del profesor como si fuera una de sus respuestas.

Además, ningún estudiante se quejó de la interfaz de Willow y todos pensaron que era amigable, fácil de usar y recomendable para cualquier otro compañero que estuviera cursando Pragmática u otra asignatura.

Estos datos se obtuvieron mediante la realización de un cuestionario presencial que se realizó durante el primer día de uso en clase (véase Apéndice C: Cuestionario de satisfacción de estudiantes no técnicos (2007/2008) para sesión en el laboratorio).

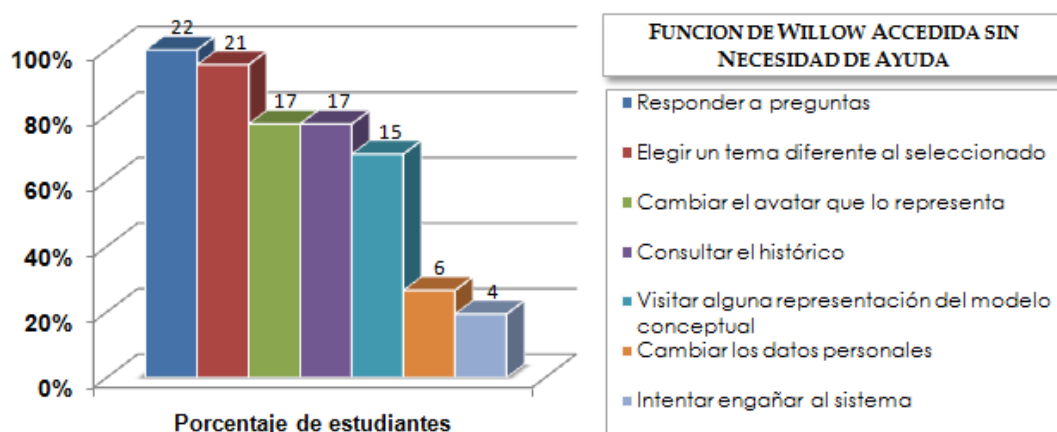


Figura 10-4 Porcentaje y número de estudiantes de Pragmática que usaron varias de las funciones de Willow

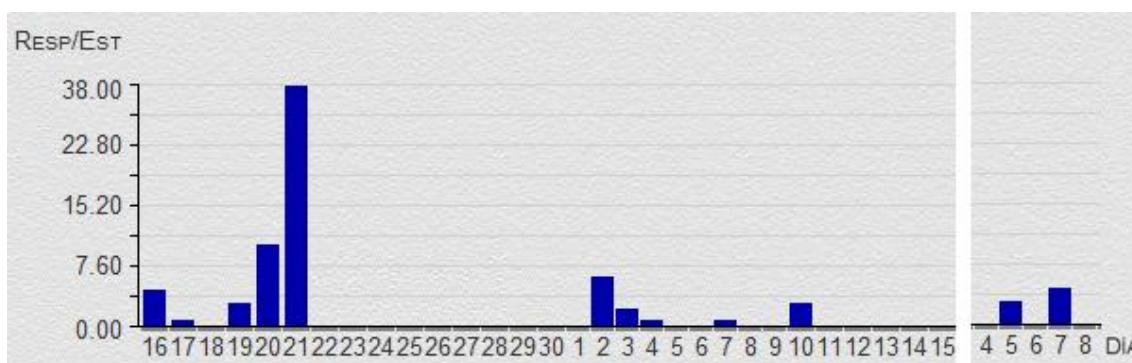


Figura 10-5 Frecuencia de uso de Willow por los estudiantes de Pragmática

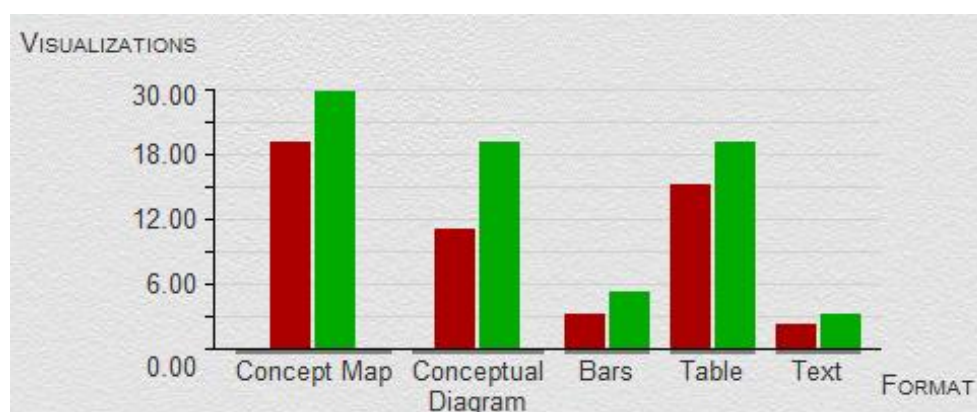


Figura 10-6 Uso del modelo conceptual en Willow por parte de estudiantes no técnicos

La Figura 10-5 muestra la frecuencia de uso de Willow por parte de los estudiantes de Pragmática. Se puede comprobar que han podido seguir usando el sistema desde Internet sin informar de ninguna dificultad. No han llegado al extremo del primer experimento con Atenea en el que sólo repasaron los días previos al examen (que en este caso era el 7 de Febrero de 2008), aunque se puede apreciar una menor constancia en el uso de Willow que en el caso de los estudiantes de Ingeniería Informática (compárese esta gráfica con la presentada en la Figura 10-2).

Se volvió a solicitar a los estudiantes que completaran un cuestionario de satisfacción de forma anónima y voluntaria (véase Apéndice D: *Cuestionario de satisfacción de los estudiantes no técnicos (2007/2008) disponible en línea*). Sólo 5 estudiantes lo completaron. Todos ellos coincidieron en que el sistema era fácil de usar y que constituía una forma amena de repaso (coincidiendo con las observaciones de los estudiantes de Informática).

Respecto al uso de los modelos conceptuales, la Figura 10-6 muestra cómo al estar integrada esta opción en el sistema, los estudiantes han vuelto a usarla, incluso,

en algunos casos, entrando en el sistema únicamente para ver la representación del mapa conceptual de la clase sin responder a ninguna pregunta en Willow.

Como se puede observar, la forma de representación más usada vuelve a ser el mapa conceptual individual, con 30 visualizaciones, seguido del mapa conceptual de la clase, el diagrama conceptual individual y la tabla individual con 20 visualizaciones, la tabla de la clase con 15, el diagrama conceptual de la clase con 11, el diagrama de barras individual con 5, y siendo las representaciones menos accedidas el diagrama de barras de la clase, con 3, y el resumen textual (3 visualizaciones el individual, y 2 el de la clase).

Volviendo a la pregunta objeto: ***¿implementar la metodología M-I2P5-E (para gestionar la interacción estudiante-capa computacional) en Willow supone que tanto estudiantes con formación técnica específica como sin ella pueden usar el sistema resultante?*** La respuesta vuelve a ser afirmativa puesto que tanto estudiantes técnicos como no técnicos han probado que pueden usar todas las funciones de Willow sin necesidad de tutorial ni siquiera de la ayuda en línea a la que no recurrió ningún estudiante.

Una vez comprobado que la respuesta a la pregunta anterior es afirmativa, se pudo plantear la segunda pregunta: ***¿existen diferencias significativas entre el uso que hacen del sistema ambos tipos de estudiantes?***

Parece que sí existen diferencias a la hora de usar el sistema. Por ejemplo, los estudiantes de Pragmática tienen a dar respuestas más largas, pero parecen ser menos constantes en el uso del sistema. Asimismo, se observó que los estudiantes, al estar menos acostumbrados al uso de aplicaciones informáticas, las expectativas de funcionamiento correcto eran más elevadas que en el caso de los estudiantes de Informática, y ello llevó a una menor tolerancia a errores leves eventuales producidos por la evaluación automática del sistema Willow. Esto llevó a que se usase un mayor número de veces la opción de autoevaluación con respecto a los estudiantes con formación técnica específica. No obstante, la revisión de la corrección de las autoevaluaciones de los estudiantes no ha podido ser llevada a cabo actualmente por parte de los profesores de Pragmática.

Aparte de las diferencias mencionadas, en general, su comportamiento es parecido al de los estudiantes con formación técnica específica, usando las mismas opciones, sin tener ninguna limitación por falta de conocimientos técnicos o dejar de usar algún elemento de la interfaz por considerarlo complicado. De hecho, estudiantes técnicos y no técnicos coinciden hasta en su forma de representación favorita (esto

es, la que visitan más veces), que es el mapa conceptual individual, y en las formas de representaciones que menos visitan que son el diagrama de barras individual y el resumen textual.

10.2 Valoración de M-I2P5-P para gestión de la interacción profesor-capacapac computacional

Antes de pasar a realizar la valoración de los resultados obtenidos con los experimentos realizados en el estudio de la interacción entre el profesor y la capacapac computacional, merece la pena comentar que la cantidad de profesores que se tuvieron disponibles en la realización de los experimentos fue reducida. Esto es debido a que, si bien un curso puede contar con decenas de estudiantes, en general, esto no se cumple para los profesores. En un caso se pudo contar con un total de 6 profesores (valoración de perfil con formación técnica específica) y en otro con solo 2 (valoración de perfil sin formación técnica específica).

10.2.1 Valoración de los métodos para adquisición del modelo de dominio

Para realizar la valoración de la gestión de la interacción profesor-capacapac computacional se han realizado varios experimentos, todos ellos en la Universidad Autónoma de Madrid (Pérez-Marín et al., 2009). Con estos experimentos se trata de dar respuesta a tres preguntas: ***¿implementar la metodología M-I2P5-P (para gestionar la interacción profesor-capacapac computacional) en Willed aumenta el nivel de satisfacción de los profesores con conocimientos técnicos específicos? ¿Pueden usar Willed, que implementa M-I2P5, profesores sin conocimientos técnicos específicos?*** Y si es afirmativa esta última pregunta, ***¿existen diferencias significativas entre el uso de Willed por parte de profesores con conocimientos técnicos específicos respecto a los profesores sin conocimientos técnicos específicos?***

El primer experimento considerado fue realizado por Alfonseca et al. (2005) durante el curso 2004/2005. En éste se pidió a 6 profesores del departamento de Ingeniería Informática que completasen un test de usabilidad acerca del editor de preguntas de Atenea.

En particular, se les pidió que, completaran individualmente tres tareas con la herramienta de autor (que no tenía aplicada M-I2P5-P): insertar una nueva pregunta en un curso, crear un nuevo conjunto de preguntas por un área de conocimiento y, modificar la información sobre una pregunta en un curso.

Se les pidió que, una vez completaran las tareas, rellenaran un cuestionario de satisfacción de forma voluntaria y anónima (se puede consultar en el Apéndice A: *Cuestionario de satisfacción del Editor de Preguntas de Atenea (2006/2007)*).

Los seis profesores completaron con éxito las tres tareas del test de usabilidad y dijeron que ninguna de las tareas les había resultado complicada (67%). De hecho, en general la aplicación les pareció muy fácil de usar (67%), útil e intuitiva (80%).

Sin embargo, al entrevistar personalmente a los profesores se pudo observar como algunos de ellos consideraban que sólo usarían realmente el editor de preguntas en su asignatura si les facilitara la tarea de edición de los cursos, no ya en el sentido de que el sistema fuera de fácil manejo, sino en el sentido de que les ahorrara tiempo de gestión de los mismos. Además, de que la información que usaran para un año pudiera ser reutilizada para los años siguientes (característica que la herramienta soportaba).

El segundo experimento se realizó en el curso 2007/2008 con 2 profesores de Pragmática de la carrera de Filología Inglesa sin formación técnica específica. Se les pidió que completaran individualmente el test de usabilidad con el editor de preguntas de Atenea; sin embargo, no llegaron a terminar todas las tareas. Les resultaba complicado identificar dónde tenían que introducir la información y qué pasos debían dar.

Cuando se les presentó Willéd, en el que ya está implementada M-I2P5-P, uno de los dos profesores pudo completar con éxito las tres tareas; el otro profesor preguntó si no existía alguna forma de introducir la información en la que sólo tuviera que usar su procesador de textos. Cuando se le informó de la posibilidad de crear una plantilla textual con los contenidos, dijo que prefería no usar Willéd para crear el curso pregunta a pregunta, sino que prefería completar las tareas con la plantilla, lo cual pudo realizar con éxito.

Como sólo eran dos profesores, no se les pidió que rellenaran ningún cuestionario de satisfacción, sino que se prefirió realizar entrevistas personales. De estas entrevistas, se pudo concluir que Willéd les resultaba mucho más sencillo que usar que el editor de preguntas de Atenea porque, una vez habían usado las primeras pantallas, el resto era muy parecido. Además, el sistema iba orientando el trabajo que tenían que hacer, sólo tenían que hacer clic sobre los elementos con los que querían trabajar y recibían constantes ayudas visuales.

Por otro lado, las entrevistas sirvieron para identificar la falta de tiempo de estos profesores para poder crear el curso en el sistema a partir de cero, incluso aunque se reutilizase material de otros años. De hecho, fue la opción de reutilizar materiales que ya tenían en documentos electrónicos la que les animó a usar la modalidad de Aprendizaje Híbrido en la asignatura de Pragmática, ya que, de esta forma, sólo tenían que reunir los ejercicios que ya disponían según el formato de la plantilla, que les parecía natural e intuitivo, en el mismo procesador de textos que usaban normalmente.

El tercer experimento se realizó también en el curso 2007/2008, pero en el segundo cuatrimestre. En este experimento se pidió a 2 profesores del departamento de Ingeniería Informática que usaran Willer de forma individual. Estos profesores habían participado también en el experimento del curso 2006/2007, por lo que podían contrastar la diferencia en usabilidad entre el editor de preguntas de Atenea (sin M-I2P5) y Willer (con M-I2P5 implementada).

Nuevamente, los dos profesores pudieron completar las tres tareas del test de usabilidad sin ninguna dificultad. De hecho, se comprobó cómo tardaron menos tiempo en completarlas (esto también podría ser debido a que ya habían usado una herramienta de autor previamente). Pero lo más destacable es que los profesores que se habían quejado previamente de que no usarían este tipo de herramientas, porque no les suponía un verdadero ahorro de tiempo, al serles presentada la posibilidad de reutilizar material previo en formato electrónico, completando con esto la plantilla que se podía subir a la aplicación, en esta ocasión se mostraron más dispuestos a usar la modalidad de Aprendizaje Híbrido en sus cursos.

Retomando las preguntas que se planteaban al inicio de este apartado: ***¿implementar la metodología M-I2P5-P (para gestionar la interacción profesor-capacidad computacional) en Willer se aumenta el nivel de satisfacción de los profesores con conocimientos técnicos específicos? ¿Pueden usar Willer profesores sin conocimientos técnicos específicos?*** La respuesta a ambas preguntas es afirmativa.

Los profesores de informática no notaron la diferencia en cuanto a facilidad de uso, pues ninguna de las dos versiones del editor de preguntas les resultó complicada de usar y pudieron completar las tareas con ambas. Sin embargo, los profesores de Pragmática que no pudieron completar las tareas con el editor de preguntas de Atenea, sí pudieron con Willer (uno de los profesores interactuando con el sistema, y el otro profesor rellenando la plantilla).

Además, los profesores de informática que usaron Willed estaban más dispuestos a emprender iniciativas de Aprendizaje Híbrido que los profesores de informática que usaron el editor de preguntas de Atenea. Las razones de este cambio se pueden encontrar en que los profesores vieron que no les suponía tanto trabajo recopilar el material para el curso en Willed.

Respecto a la última pregunta: **¿existen diferencias significativas entre el uso de Willed por parte de profesores con conocimientos técnicos específicos respecto a los profesores sin conocimientos técnicos específicos?**

La principal diferencia (aunque no es significativa) es que los profesores con conocimientos técnicos específicos pudieron completar las tareas en menos tiempo. Además, en el caso de los profesores sin conocimientos técnicos específicos uno de ellos decidió utilizar únicamente la plantilla, y no interactuar con Willed.

En todo caso, tanto los profesores de Pragmática como los profesores de Informática vieron en el uso de la plantilla la posibilidad de subir información de forma sencilla al sistema, y sin necesidad de invertir mucho tiempo ni esfuerzo poder realizar su curso en la modalidad De Aprendizaje Híbrido.

10.2.2 Valoración de los métodos de monitorización del estudiante

Para realizar la valoración de la gestión de la interacción profesor-estudiante se han realizado varios experimentos, todos ellos en la Universidad Autónoma de Madrid (Pérez-Marín *et al.*, 2009). Con tres preguntas objetivo **¿implementar la metodología M-I2P5-P (para gestionar la interacción profesor-estudiante) en Willov aumenta el nivel de satisfacción de los profesores con conocimientos técnicos específicos? ¿Pueden usar Willov, que implementa M-I2P5-P, profesores sin conocimientos técnicos específicos? Y si es así, ¿existen diferencias significativas entre el uso de Willov por parte de profesores con conocimientos técnicos específicos respecto a los profesores sin conocimientos técnicos específicos?**

Para responder a estas preguntas, el primer experimento se realizó en el curso 2006/2007. Se pidió a 6 profesores que usaran COMOV (el visualizador de modelos conceptuales de Atenea, que no tenía implementados los métodos para gestión de la interacción profesor-estudiante de la metodología M-I2P5) (Pérez-Marín *et al.*, 2007a). Estos 6 profesores son los mismos que usaron el editor de preguntas de Atenea (de hecho, se les pidió en distintos momentos que usaran el editor de preguntas de Atenea y COMOV).

Se pidió a todos los profesores individualmente que vieran las representaciones del modelo conceptual, con una breve explicación acerca de qué era el modelo conceptual, pero sin explicarles cómo usar COMOV. Asimismo, se les pidió que rellenaran el cuestionario de satisfacción (que se encuentra disponible en el Apéndice B: *Cuestionario de satisfacción del uso de COMOV (2006/2007)*).

Sólo 2 de los 6 profesores afirmaron que habían usado previamente mapas conceptuales y que no estaban muy familiarizados con el uso de este tipo de representación gráfica. Sin embargo, esto no supuso un problema para que pudieran comprobar la representación del modelo conceptual en COMOV que consideraron útil para identificar cómo habían comprendido los estudiantes los conceptos del tema (en una escala de 0-“poco útil” a 5-“muy útil”, el promedio de valores asignados por los profesores fue 4). Respecto a la usabilidad de la interfaz le dieron un valor de 3.8 en una escala de 0-“baja usabilidad” a 5-“alta usabilidad”.

Cuando se preguntó a los profesores por qué no habían dado una puntuación más alta a la usabilidad dijeron que aunque les parecían muy útiles las representaciones del modelo conceptual, cuando había muchos conceptos resultaba lioso poder identificarlos, y que la interfaz era muy estática. Además, no entendían muy bien algunos de los campos de la representación tabular (especialmente, qué era el peso, el valor de confianza 1, y el valor de confianza 2), y echaban en falta gráficas de monitorización para saber al menos con qué frecuencia habían repasado sus estudiantes con el sistema.

El segundo experimento se realizó durante el primer cuatrimestre del curso 2007/2008 con los dos profesores de Pragmática que se habían ofrecido voluntarios para usar el editor de preguntas de Atenea, y que habían considerado la posibilidad de realizar el curso en la modalidad de Aprendizaje Híbrido. En este caso, se les pidió que también evaluaran COMOV.

Los profesores de Pragmática tenían experiencia en uso de mapas conceptuales ya que, según comentaron, se usaban en algunas asignaturas de Filología Inglesa. Al igual que los profesores de Informática, se les pidió que vieran todas las representaciones del modelo conceptual, explicando qué era éste último. No obstante, no se les explicó como interactuar con COMOV, aunque los profesores pidieron una explicación más extensa acerca de la utilidad como herramienta de COMOV antes de usarlo.

Los profesores coincidieron en que era útil para saber la evolución conceptual de los estudiantes, pero afirmaron que seguramente no lo podrían usar porque eran

demasiadas herramientas informáticas y el tiempo que podían dedicar al uso de estos recursos era muy limitado y en ocasiones inexistente. No obstante, comentaron que se echaban en falta más gráficas de monitorización de los estudiantes, como por ejemplo gráficos con información acerca de cuándo habían accedido los estudiantes al sistema para repasar o gráficos mostrando el tiempo que habían dedicado al estudio sus estudiantes.

Cuando se les mostró Willov éste les pareció más fácil de usar. Resaltaron dos de sus funcionalidades como especialmente interesantes: la posibilidad de recibir informes directamente en su correo y la generación de gráficos interactivos de actividad y de uso de los modelos. De hecho, la combinación de estas funcionalidades para poder saber, leyendo el correo, qué estudiantes habían accedido cada día, a qué hora, durante cuánto tiempo y qué conceptos eran los que aún estaban marcados como peor conocidos por los estudiantes, fueron las que resultaron más atractivas para ellos.

El tercer experimento fue en el segundo cuatrimestre del curso 2007/2008 en el que a 2 profesores de informática (los mismos que habían probado COMOV y Willed), se les pidió que usaran Willov. Ambos profesores apreciaron la mejora de la interfaz que calificaron como más usable que COMOV, y valoraron muy positivamente las nuevas posibilidades de selección de estudiantes, temas, generación de informes y gráficas de rendimiento interactivas, especialmente el poder pulsar sobre cualquier barra y así acceder a la información de uso del sistema de ese día, sin necesidad de analizar complicados registros informáticos, ni tener que hacer manualmente la gráfica.

Retomando las preguntas del principio de este apartado: ***¿implementar la metodología M-I2P5-P (para gestionar la interacción profesor-estudiante) en Willov aumenta el nivel de satisfacción de los profesores con conocimientos técnicos específicos? ¿Pueden usar Willov profesores sin conocimientos técnicos específicos?*** La respuesta para ambas preguntas es afirmativa.

Los profesores, tanto de Informática como de Pragmática, independientemente de su formación más o menos específicamente informática, prefirieron la nueva interfaz y las funcionalidades de Willov. De hecho, han destacado como positiva la separación entre la información que pueden acceder ellos desde Willov, y la información que tienen accesible los estudiantes desde Willow.

Los profesores de Pragmática han podido usar la interfaz de Willov, y aunque han preferido recibir los informes en su correo, no han considerado el sistema complicado de usar.

Ahora entonces, podemos plantearnos la pregunta: **¿existen diferencias significativas entre el uso de Willov por parte de profesores con conocimientos técnicos específicos respecto a los profesores sin conocimientos técnicos específicos?** En esta ocasión, las diferencias encontradas han sido mayores que en el caso de los estudiantes. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la cantidad de personas involucradas en estos experimentos, en relación a los experimentos realizados con estudiantes, es también menor.

Los profesores de Informática han sido los que han mostrado un mayor nivel de satisfacción con el uso de Willov. En particular, las opciones que han valorado como mejores, porque consideran que aumentan la facilidad de uso del sistema, han sido dos: poder ver la información agrupada por temas para que resulte menos liosas algunas de las representaciones del modelo conceptual (especialmente el mapa conceptual), y tener la posibilidad de seleccionar cualquier subgrupo de estudiantes simplemente haciendo clic sobre su nombre.

En el caso de los profesores de Pragmática, lo que valoraron más positivamente fue la opción de recibir los informes directamente en su correo sin necesidad de tener que usar otra herramienta informática. Por otra parte, también apreciaron que Willov parecía más fácil de usar y contenía nueva funcionalidad como gráficas de actividad de repaso de sus estudiantes generadas automáticamente.

Capítulo 11

Conclusiones y Trabajo Futuro

En este capítulo se proporcionan las principales conclusiones de este trabajo. Además, se explica cómo se han cumplido cada uno de los objetivos expuestos en el capítulo de introducción. Asimismo, se indican las contribuciones principales y se proporcionan las líneas de trabajo futuro más relevantes.

11.1 Conclusiones Principales

La Interacción Persona-Ordenador (IPO) se ha convertido en un campo de estudio fundamental (Dix *et al.*, 2003; Myers, 1998), prueba de ello es la extensa cantidad de conferencias (Graff, 2009) dedicadas a la presentación de trabajos de investigación en este campo (CHI, Persuasive, LOCA, ICEIS, WIAMIS, etc.). Todo ello porque la interfaz de un programa resulta ser un factor clave en la percepción e impresión del usuario acerca del programa mismo (Thimbleby, 1990). Aunque un sistema sea técnicamente perfecto, si su interfaz resulta de difícil uso, puede convertirse en un auténtico fracaso ya que a los usuarios finales les será difícil utilizarlo. Esto explica el hecho de que al menos un 48% del código de las aplicaciones esté dedicado al desarrollo de la interfaz de las mismas (Myers, 1998).

La importancia del estudio de la IPO y la aplicación y formalización de sus principios se ha visto también reforzada por el gran avance de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) que se ha producido en los últimos años. La idea clave, por lo tanto, es que son los programas informáticos los que se deben adaptar a los usuarios, y no los usuarios los que se tienen que adaptar a los programas informáticos. Esto es cierto para cualquier tipo de sistema, incluidos los sistemas educativos vía web.

Aplicar principios IPO también a los sistemas educativos vía web aumenta su usabilidad y anima a profesores tanto con conocimientos técnicos específicos, como sin ellos, que pueden ser más reticentes al uso de las TIC en la educación, a comprobar que el uso de estos programas no es tan complicado (en muchas ocasiones sólo requiere usar un navegador, un teclado y un ratón), ni le supone invertir

tanto tiempo y esfuerzo como se teme en general (en muchas ocasiones se puede reutilizar el material que ya se tiene en formato electrónico); **y a estudiantes tanto con conocimientos técnicos específicos, como sin ellos**, que también pueden ser más reticentes a tener que usar programas informáticos como una tarea más de clase, a comprobar que no tienen que dedicar apenas esfuerzo a aprender a usarlos y, en cambio, les proporciona la posibilidad de repasar en cualquier momento, desde cualquier ordenador conectado a Internet y a su propio ritmo.

La **metodología M-I2P5**, que se propone en este trabajo para la aplicación de los principios IPO y la gestión adecuada de la interacción estudiante-capa computacional y profesor-capacapa computacional, **se basa en el uso de modelos conceptuales**. Un modelo conceptual se puede definir como un conjunto de conceptos inter-relacionados y asociados a un nivel de confianza, estimado por el sistema, para indicar hasta qué punto están siendo correctamente asimilados por un cierto estudiante o grupo de estudiantes sobre una cierta área de conocimiento en un determinado momento (Pérez-Marín *et al.*, 2006a). Este elemento **facilita**:

- **La interacción estudiante-capacapa computacional**, en tanto en cuanto permite al estudiante conocer hasta qué punto conoce los conceptos de la lección que está estudiando, y qué aspectos debería repasar, orientando de esta forma su estudio y optimizando la interacción del estudiante con el sistema.
- **La interacción profesor-capacapa computacional**, en tanto en cuanto restringe la información que debe facilitar al sistema, y la estructura para optimizar su posterior uso educativo. Además, en cuanto a la monitorización del progreso de los estudiantes, permite capturar la información más relevante de forma más compacta y presentar resumida la información al profesor permitiéndole conocer qué conceptos conoce el estudiante y en qué grado. Esto permite optimizar la interacción con el estudiante al centrarse en aquellos conceptos que aparecen marcados como menos conocidos.

De hecho, el uso de la metodología M-I2P5 para gestión de la interacción en estos sistemas también es beneficioso para reforzar la interacción cara a cara entre el estudiante y el profesor. Puesto que el uso del sistema podrá generar dudas a los estudiantes, e incitarles a que se las pregunten a sus profesores en las clases presenciales, o mediante correo electrónico. Además, mostrando la información del progreso de sus estudiantes a los profesores, éstos pueden optimizar la instrucción, sin introducir conceptos nuevos hasta que al menos la mayoría de la clase entienda los conceptos previos necesarios para entender los nuevos conceptos.

11.2 Grado de Cumplimiento de los Objetivos

El primer objetivo marcado era **caracterizar las principales tareas o actividades desarrolladas por los estudiantes y profesores que son susceptibles de una gestión de la interacción** en relación al apoyo que suponen los sistemas informáticos para Aprendizaje Híbrido. Esto se ha conseguido al definir los elementos que forman parte de la metodología. En particular se han identificado tres actividades básicas a gestionar en el caso del estudiante: aprendizaje de conceptos nuevos, evaluación de conocimiento adquirido, y recepción de retroalimentación de la evaluación del proceso de aprendizaje. Por otra parte, se han identificado dos actividades básicas para el desarrollo de la actividad del profesor: la actividad de monitorización del progreso de los estudiantes, y la actividad relacionada con la introducción de contenido en el curso.

El segundo objetivo marcado era **desarrollar un conjunto de métodos o estrategias orientadas a la gestión de las interacciones** y aplicables a las principales actividades identificadas que puedan realizar los estudiantes y los profesores. Este objetivo se ha conseguido al definir una serie de métodos recogidos en los capítulos 6 y 7 para la gestión de la interacción en relación a las actividades identificadas.

El tercer objetivo marcado era **aplicar la metodología de gestión de la interacción desarrollada a un sistema cuya gestión de la interacción haya sido desarrollada de forma no planificada**, con el fin de mostrar una aplicación práctica de los métodos desarrollados. Esto se ha realizado sobre un sistema que inicialmente no hubo planificado, por diseño, una gestión de la interacción de acuerdo a principios o métodos formalmente definidos. El sistema del que se ha partido ha sido Atenea (Pérez-Marín, 2007), y se ha construido un nuevo sistema al aplicar los métodos recogidos en la metodología.

Los objetivos cuarto y quinto eran **evaluar la facilidad de uso alcanzada por medio de la evaluación del grado de satisfacción y el impacto de las diferencias de uso entre usuarios muy familiarizados con las tecnologías de la información** (usuarios con formación técnica específica) **y usuarios poco familiarizados** (usuarios sin formación técnica específica). Este objetivo se ha realizado mediante varios experimentos tanto con estudiantes (211 en total, 189 con formación técnica y 22 sin formación técnica), como con profesores (8 en total, 6 con formación técnica y 2 sin formación técnica), desde el año 2005 con un conjunto de herramientas de Aprendizaje Híbrido (Atenea+COMOV y Will Tools) para demostrar que efectivamente la implementación de la metodología de gestión de la interacción proporciona los

beneficios anteriormente mencionados (y como se proponía en el objetivo principal de este trabajo en el Capítulo 1).

En la realización de los cuestionarios y la evaluación realizada por medio de los experimentos podemos distinguir dos casos, cada uno relacionado con cada tipo de interacción identificada en la metodología propuesta:

Respecto a la interacción estudiante-capa computacional, ante la pregunta de si al implementar la metodología en Willow esto supone una mejora del nivel de satisfacción de los estudiantes con formación técnica, se comprueba que la respuesta es afirmativa puesto que:

- Los estudiantes han usado más y con más constancia el sistema durante el curso.
- Han usado características como el modelo conceptual que al estar integrado en el mismo sistema han adquirido un nuevo valor para los estudiantes.
- Se ha cambiado el sentimiento generalizado de que Atenea era un sistema demasiado "frío", "estricto" y "controlador", por el sentimiento generalizado de que Willow es una forma entretenida de repasar y reforzar conceptos, interactiva y amigable.

De hecho, se ha comprobado que tanto estudiantes con formación técnica específica como sin ella pueden usarla, con un comportamiento parecido, incluso coincidiendo en su forma de representación favorita del modelo conceptual (esto es, la que visitan más veces) que es el mapa conceptual individual, y en las formas de representaciones que menos visitan que son el diagrama de barras individual y el resumen textual.

Aunque sí se comprueba que existen diferencias a la hora de usar el sistema entre los estudiantes con formación técnica específica y sin ella. Como por ejemplo, que los estudiantes de Pragmática (menor formación técnica) tienden a dar respuestas más largas, existe una diferencia en el uso en el tiempo del sistema y utilizan un mayor número de veces la opción de autoevaluación (Pascual-Nieto *et al.*, 2008a).

Respecto a la interacción profesor-capa computacional, ante la pregunta de si al implementar la metodología en Willer esto aumenta el nivel de satisfacción de los profesores con conocimientos técnicos y permite que Willer sea usado por profesores sin conocimientos técnicos la respuesta es afirmativa. Los profesores de Pragmática

que no pudieron completar las tareas con el editor de preguntas de Atenea, sí pudieron con Willed (un profesor interactuando directamente con el sistema y otro profesor rellenando la plantilla). Además, los profesores de informática que usaron Willed estaban más dispuestos a emprender iniciativas de Aprendizaje Híbrido que los profesores de informática que usaron el editor de preguntas de Atenea.

Sobre las diferencias entre el uso de Willed por parte de profesores con conocimientos técnicos específicos respecto a los profesores sin conocimientos técnicos, se pudo comprobar que los profesores con conocimientos técnicos pudieron completar las tareas en menos tiempo, aunque ambos, tanto los profesores de Pragmática como los de Informática consideraron como una de las opciones más útiles de Willed poder completar una plantilla en texto plano y subirla al sistema, sin necesidad de invertir mucho tiempo ni esfuerzo en poder realizar su curso en la modalidad de Aprendizaje Híbrido.

Por otra parte, en relación al proceso de monitorización del progreso de los estudiantes, ante la pregunta de si al implementar M-I2P5 en Willov se aumenta el nivel de satisfacción de los profesores con conocimientos técnicos específicos y permite que Willov sea usado por profesores sin conocimientos técnicos, la respuesta es también afirmativa. En los experimentos realizados, los profesores, tanto de Informática como de Pragmática, e independientemente de su formación más o menos técnica, han preferido la nueva interfaz y funcionalidades de Willov. De hecho, han destacado como positiva la separación entre la información que pueden acceder ellos desde Willov, y la información que tienen accesible los estudiantes desde Willow.

No obstante, en esta ocasión, las diferencias encontradas entre los profesores con distinto nivel de formación técnica y sin ella han sido mayores. Los profesores de Informática han mostrado un mayor nivel de satisfacción con Willov, por poder ver la información agrupada por temas para que resulten menos liosas algunas de las representaciones del modelo conceptual (especialmente el mapa conceptual), y tener la posibilidad de seleccionar cualquier subgrupo de estudiantes simplemente haciendo clic sobre su nombre son características que según estos profesores han mejorado en gran medida la usabilidad del sistema.

Los profesores de Pragmática, en cambio, lo que valoraron más positivamente fue la opción de recibir informes de monitorización de los estudiantes directamente en su correo, sin necesidad de tener que usar otra herramienta informática. Por otra parte, también apreciaron que Willov parecía más fácil de usar y contenía nueva

funcionalidad, como gráficas de actividad de repaso de sus estudiantes generadas automáticamente.

Por todo lo anteriormente expuesto, **se concluye que el uso de sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea en los que se combina la interacción profesor-estudiante tradicional con el uso de una adecuada metodología de gestión de la interacción estudiante-capa computacional y profesor-capac computacional aumenta la motivación de uso tanto de los profesores con y sin formación técnica** a emprender este tipo de iniciativas, **como la de los estudiantes con y sin formación técnica** que llegan incluso a calificar estos sistemas como formas amenas de repaso al ser interactivas, y contar con interfaces amigables que les invitan a estudiar durante el cuatrimestre y no únicamente los días previos al examen.

11.3 Contribuciones

Este trabajo ha contribuido al:

- Campo de **Interacción Persona-Ordenador**, mediante el desarrollo formal y detallado de una nueva metodología, llamada M-I2P5, para gestión de las interacciones entre el estudiante, el profesor y el contenido en sistemas de Aprendizaje Híbrido en línea.
- Campo de la **Educación a Distancia**, mediante la implementación de la metodología M-I2P5 en un conjunto de herramientas para Aprendizaje Híbrido en línea, consiguiendo verificar su viabilidad.
- Campo de **Modelado de Estudiantes**, mediante la definición de las interacciones entre los sujetos que intervienen en los procesos educativos, tanto instructivos como de evaluación, y a través de la definición de un modelo de datos específico para la representación de la información estimada de evaluación del estudiante.

11.4 Trabajo Futuro

Las siguientes líneas de trabajo serán exploradas en un futuro con el fin de mejorar la metodología M-I2P5:

- Explorar los métodos necesarios para la gestión de formas de interacción no incluidas actualmente en M-I2P5, como por ejemplo la interacción

estudiante-estudiante mediada por computador (interacciones colaborativas), o la interacción profesor-profesor mediada por computador.

- Evaluar la importancia relativa de cada método o estrategia recogido en M-I2P5 por medio de un estudio comparativo en el que se evalúe el impacto en la facilidad de uso alcanzada al implementar (o no implementar) en un sistema para Aprendizaje Híbrido cada método de M-I2P5.
- Explorar nuevas formas genéricas de representación de la información para el modelo del estudiante y para el modelo de dominio. En especial, se pretende estudiar en un futuro una forma de representación utilizando lógicas modales que permitan incorporar un mecanismo automático de razonamiento acerca de los datos contenidos en los modelos.
- Ampliar M-I2P5 para considerar aspectos de accesibilidad web, teniendo en cuenta, por ejemplo, la inclusión de las normas de accesibilidad definidas por el Consorcio WWW en su Iniciativa de Accesibilidad Web y plasmadas en la Guía de Accesibilidad Web 2.0 (Caldwell *et al.*, 2008).
- Explorar la posibilidad de introducir agentes conversacionales como medio para mejorar la interacción estudiante-capas computacional mediante el uso de una interacción en lenguaje natural en lugar de menús o línea comandos.
- Realizar un estudio comparativo de la aplicación de M-I2P5 en otras aplicaciones informáticas usadas para Aprendizaje Híbrido (diferentes a Atenea, COMOV o el Editor de Preguntas de Atenea), para analizar el impacto de la metodología en dichas aplicaciones con respecto a su no utilización.

Asimismo, con respecto a los demostradores desarrollados, y en relación a la metodología M-I2P5, se pretende:

- Explorar nuevas formas de presentación al usuario del modelo de dominio y del modelo de estudiante como, por ejemplo permitir que el modelo conceptual se visualice constantemente en la pantalla de Willow, y se pueda ver en tiempo real cómo se actualiza.
- Estudiar formas alternativas de introducir contenidos en un sistema de Aprendizaje Híbrido, permitiendo que las modificaciones de los mismos pueda realizarse también fuera del sistema en línea. En concreto esta línea de investigación futura implica dos ramas paralelas:

- El estudio de algoritmos para la generación automática o semiautomática de cursos a partir de contenido estructurado proporcionado por los profesores (por ejemplo, por medio de la introducción de las diapositivas de un curso).
- El estudio de la viabilidad de formatos de representación adicionales que permitan la introducción y modificación de cursos (por ejemplo, documentos de Microsoft Word, páginas html, etc.).
- Explorar la generación colaborativa de contenido por parte de los estudiantes, de forma que éstos puedan introducir nuevas preguntas y contenido en los cursos.
- Estudiar mejoras en la generación de informes automáticos, proponiendo técnicas de minería de datos para el análisis de registros informáticos (logs) y para la predicción y detección de carencias de aprendizaje global.

Referencias

- Alfonseca, E.; Carro, R.; Freire, M.; Ortigosa, A.; Pérez, D. & Rodríguez, P. (2005) Authoring of Adaptive Computer Assisted Assessment of Free-text Answers. *Educational Technology and Society (ETS). Special Issue on Authoring of Adaptive Hypermedia*, 8(3):53-65
- Allan, J.; Richards, J. & Spellman, J. (eds.) (2009) User Agent Accessibility Guidelines (UAAG) 2.0. Borrador funcional del W3C. 11 de marzo. Recurso Web disponible en línea en <http://www.w3.org/TR/2009/WD-UAAG20-20090311/>. [Accedido por última vez el 15 de junio de 2009]
- Allen, B.R. & Boynton, A.C. (1991) Information Architecture: In search of efficient flexibility. *MIS Quarterly*, 15(4):435-445, Diciembre.
- Anderson, T. & Garrison, D.R. (1998). Learning in a networked world: New roles and responsibilities. En: C. Gibson (Ed.), *Distance learners in higher education*, pp. 97-112. Madison, Wisconsin: Atwood Publishing.
- Anderson, T. (2003) Getting the mix right again: An updated and theoretical rationale for interaction. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 4(2):1-14
- Anderson, T. (2004) Toward a theory of online learning. En: Terry Anderson & Fathi Elloumi (eds). *Theory and Practice of Online Learning*, pp. 33-60. Athabasca University. ISBN: 0-919737-59-5. Disponible en línea en http://cde.athabascau.ca/online_book/. [Accedido por última vez el 20 de mayo de 2009].
- Anohina, A. & Grundspenkis, J. (2008). Learner's Support in the Concept Map Based Knowledge Assessment System. En: Proceedings of the 7th European Conference on e-Learning, November 67, Agia Napa, Cyprus, pp. 38-45.
- Ausubel, D. (1963). The Psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune and Stratton.
- Ausubel, D.P.; Novak, J.D. & Hanesian, H. (1989). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas.
- Baddely, A. (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward. *Nature Reviews Neuroscience*. Nature Publishing Group, 4, 829-839, Octubre.
- Berge, Z. (1999). Interaction in post-secondary web-based learning. *Educational Technology*, 41(1):5-11.
- Borsook, T.K. & Higginbotham-Wheat, N. (1991) Interactivity: what is it and what can it do for computer-based instruction? *Educational Technology*, 31(5):11-17.

- Brand, G.A. (1998). What research says: Training teachers for using technology. *Journal of Staff Development*, 19, 10-13.
- Brusilovsky, P. & Eklund, J. (1998). A Study of User Model Based Link Annotation in Educational Hypermedia. *Journal of Universal Computer Science*, 4(4):429-448.
- Bull, S. & Nghiem, T. (2002). Helping Learners to Understand Themselves with a Learner Model Open to Students, Peers and Instructors. En: Proceedings of Workshop on Individual and Group Modelling Methods that Help Learners Understand Themselves, International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Springer, pp. 5--13.
- Caldwell, B.; Cooper, M.; Guarino Reid, L. & Vanderheiden, G. (eds) 2008. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. Recomendación del W3C. 11 de diciembre. Recurso Web disponible en línea en <http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>. [Accedido por última vez el 20 de mayo de 2009].
- Calisir, F. & Calisir, F. (2004). The relation of interface usability characteristics, perceived usefulness, and perceived ease of use to end-user satisfaction with enterprise resource planning (ERP) systems. *Computers in Human Behavior*, 20(4): 505-515, julio, ISSN 0747-5632.
- Chou, C. (2003). Interactivity and interactive functions in web-based learning systems: a technical framework for designers. *British Journal of Educational Technology*, 34(3):265--279.
- Clark, R.E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53, 445-459
- Cordero Valle, J.M & González Romano, J.M. (2004). Diseño de Páginas Web: Iniciación y Referencia. Madrid. MC Graw-Hill. ISBN: 84-481-3000-6
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education*. New York: Macmillan. Recurso Web disponible en el *Institute for Learning Technologies Web* en la dirección <http://www.ilt.columbia.edu/publications/dewey.html>. [Accedido por última vez el 20 de mayo de 2009].
- Dillon, A.; Morris, M. (1999). Power, Perception and Performance: From Usability Engineering to Technology Acceptance with the P3 Model of User Response. En: Proceedings of the 43rd Annual Conference of the Human Factors and Ergonomics Society, Houston.
- Dimitrova, V. (2001). Interactive open learner modelling. PhD thesis, University of Leeds, United Kingdom.
- Dix, A.J.; Finlay, J.; Abowd, G. & Beale, R. (2003). Human-Computer Interaction, 3^a edición, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Drave W.A. (2000). *Teaching online* LERN Books, River Falls, Wisconsin.
- Dumas, J. S.; & Redish J. C. (1999). A practical guide to Usability Testing. Revised edition, Intellect Books, 55-62

- Eisenhauer M.; Hoffman B. & Kretschmer D. (2002). State of the Art Human-Computer Interaction. Giga Mobile Project D2.7.1, Septiembre.
- Eklund, J. (1995). Cognitive models for structuring hypermedia and implications for learning from the World Wide Web. En: *Proceedings of the 1st Australian World Wide Web Conference (AusWEB'95)*, Southern Cross University Press, Ballina, Australia, pp. 111-116
- Fogg, B.J.; Marshall, J.; Kameda, T.; Solomon, J.; Rangnekar, A.; Boyd, J. & Brown, B. (2001). Web credibility research: a method for online experiments and early study results. En: *Computer-Human Interaction (CHI'01) Conference on Human factors in Computing Systems*. ACM Press, Seattle (Washington), pp. 295-296, ISBN 1-58113-340-5
- Fulford, C. P. & Zhang, S. (1993). Perceptions of Interaction: The critical predictor in distance education. *American Journal of Distance Education*, 7(3):8-21.
- Gorham, J. (1988). The relationship between verbal teacher immediacy behaviors and student learning. *Communication Education*, 37, 40-53.
- Graff, H. (2009). *HCI Index*. Índice web de recursos de Interacción Persona Ordenador creado por Hans de Graff. Página web. Disponible en línea en la dirección <http://degraaff.org/hci/>. [Accedido por última vez el 20 de mayo de 2009].
- Graham, C. (2006). Introduction to Blended Learning: Blended Learning Systems. En: Bonk, C.J. & Graham, C. (eds.) *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. San Francisco, CA: Pfeiffer Publishing.
- Gullikson, S.; Blades, R.; Bragdon, M.; McKibbin, S.; Sparling, M. & Toms, E.G. (1999). The impact of information architecture on academic web site usability. *The Electronic Library*, Emerald, 17(5):293-304.
- Hassan-Montero, Y. (2006). Factores del diseño web orientado a la satisfacción y no-frustración de uso. *Revista Española de Documentación científica*, 29(2):239-257.
- Hassenzahl, M. (2004). The interplay of beauty, goodness, and usability in interactive products. *Human-Computer Interaction*, 19(4):319-349
- Hearst, M. (2001). User Interfaces and Visualization. En: Baeza-Yates & Ribeiro-Neto (eds). *Modern Information Retrieval*, pp. 257-324. ACM Press: Addison-Wesley Longman.
- Henry, S.L. (2002). Another-ability: Accessibility Primer for Usability Specialists. En: *Proceedings of the Usability Professionals' Association Annual Conference (UPA)*.
- Hillman, D.C.A; Willis, D.J. & Gunawardena C.N. (1994). Learner-interface interaction in distance education: an extension of contemporary models and strategies for practitioners. *The American Journal of Distance Education*. 8(2):30-42.
- Hirschman, L. & Gaizauskas, R. (2001). Natural language question answering: the view from here. *Natural Language Engineering*, Cambridge University Press, 7(4):275-300.
- Hirumi, A., & Bermudez, A.B. (1996). Interactivity, distance education, and instructional systems design converge on the information superhighway. *Journal of Research on Computing in Education*, 29(1):1-16.

- Hom, J. 1998. The usability methods toolbox. Recurso Web. Disponible en línea en <http://jthom.best.vwh.net/usability/> [Accedido por última vez el 10 de junio de 2009]
- Hornbæk, K. & Frøkjær, E. (2008) A Study of the Evaluator Effect in Usability Testing. *Human-Computer Interaction*, 23, 251–277.
- Hwang, G. (2003). A conceptual map model for developing intelligent tutoring systems. *Computers & Education*, 40(3):217–235.
- ISO (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability. Reference Number ISO 9241-11:1998(E). International Organization for Standardization. Switzerland, Marzo.
- Ivory, M.Y. & Hearst, M.A. (2001). The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces. *ACM Computing Surveys*, 3(4):470-516, Diciembre.
- Jonassen, D. (1991). Evaluating constructivistic learning. *Educational Technology*, 31(10):28-33.
- Jones, A. & O'Shea, T. (1982) Barriers to the use of computer assisted learning. *British Journal of Educational Technology*, 1982, 3(13):207-217.
- Kurosu, M. & Kashimura, K. (1995). Determinants of the Apparent Usability. En: *Proceedings of IEEE SMC*, pp. 1509-1513.
- Laurillard, D. (1997). *Rethinking university teaching: A framework for the effective use of educational technology*. London: Routledge.
- Lautenbach, M.; Ter Schegget, I.S.; Schoute, A.M. & Witteman, C.L.M. (1999). Evaluating the usability of web pages: a case study. *Artificial Intelligence*, 11, Utrecht University.
- Lavie, T.; Tractinsky, N. (2004). Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites. *International Journal of Human-Computer Studies*, 60(3):269-298.
- Li, Q. & Akins, M. (2004). Sixteen myths about online teaching and learning in higher education: Don't believe everything you hear. *TechTrends*, 49(4):51-60.
- Marquès Graells, P. (1995). *Software educativo: guía de uso y metodología de diseño*. Barcelona: Editorial Estel.
- Mazza, R. & Dimitrova, V. (2003), CourseVis: Externalising Student Information to Facilitate Instructors in Distance Learning. En: *Proceedings of 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED03)*.
- Mazza, R. & Dimitrova, V. (2005). Generation of Graphical Representations of Student Tracking Data in Course Management Systems. En: *Proceedings of the 9th International Conference on Information Visualisation*, pp. 253–258.
- Mazza, R. (2005) *Using Information Visualisation to Facilitate Instructors in Web-based Distance Learning*. Ph.D. Thesis, USI, Lugano & University of Leeds.
- Menzel, K.E., & Carrell, L.J. (1999). The impact of gender and immediacy of willingness to talk and perceived learning. *Communication Education*, 48, 31-40.

- Mitkov, R. (ed.) (2003). *The Oxford Handbook of Computational Linguistics*. Oxford University Press.
- Molich, R. & Nielsen, J. (1990). Improving a human-computer dialogue. *Communications of the ACM*, 33(3):338-348
- Moore, M.G. (1989). Three types of interaction. *The American Journal of Distance Education*, 3(2):1-6.
- Mugnier, M.-L. & Leclerc, M. (2007). On querying simple conceptual graphs with negation. En: *Data and Knowledge Engineering. Data & Knowledge Engineering*, 60, 468-493.
- Muir-Herzig, R.G. (2004). Technology and its impact in the classroom. *Computers and Education*, 42, 111-131
- Myers, B.A. (1998). A Brief History of Human Computer Interaction Technology. *ACM Interactions*, 5(2):44-54, marzo.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press Professional, Boston, MA.
- Nielsen, J. (1994). Heuristic evaluation. En: Nielsen, J., and Mack, R.L. (Eds.). *Usability Inspection Methods*, John Wiley & Sons, New York, NY.
- Nielsen, J. (2000). *Designing Web Usability: The Practice of Simplicity*. New Riders Publishing, Indianapolis. ISBN 1-56205-810-X
- Nielsen, J. & Loranger, H. (2006). *Prioritizing Web Usability*. New Riders Press, Berkeley CA. ISBN-13 978-0-321-35031-2
- Nielsen, J. & Mack, R. L. (1994). *Usability Inspection Methods*. John Wiley & Sons, NY.
- Nielsen, J. & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. En: *Proceedings of the Computer-Human Interaction Conference (CHI'90)*. ACM Press: Seattle, Washington, abril, pp. 249-256.
- Nissenbaum, H., & Walker, D. (1998). A grounded approach to social and ethical concerns about technology and education. *Journal of Educational Computing Research*, 19(4):411-432.
- Novak, J. & Gowin, D. (1984). *Learning How to Learn*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Owston, R. (1997). The World Wide Web: A technology to enhance teaching and learning? *Educational Researcher*, 26(2):27-33.
- Page, K. (2006). A preliminary study on the current state of e-learning in lifelong learning 'Cedefop Panorama series', Official Publications of the European Communities, 5-7.
- Pani, A. K. & Bhattacharjee, G.P. (2001). Temporal representation and reasoning in artificial intelligence: A review. *Mathematical and Computer Modelling*, 34, 55-80.

- Paredes, P. (2008). *Una propuesta de incorporación de los Estilos de Aprendizaje a los modelos de usuario en sistemas de enseñanza adaptativos*, PhD thesis, Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid.
- Pascual-Nieto, I. & Pérez-Marín, D. (2006). Página Web de 'Will Tools: Herramientas para Evaluación. Un conjunto de herramientas de Aprendizaje Híbrido'. Accedida en la URL <http://orestes.ii.uam.es/willtools>. [Accedida por última vez el 15 de junio de 2009]
- Pascual-Nieto, I.; Pérez-Marín, D.; O'Donnell, M. & Rodríguez, P. (2008a). Enhancing a free-text Adaptive Computer Assisted Assessment system with self-assessment features. En: Actas de la IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE Computer Society, pp. 399-402, ISBN 978-0-7695-3167-0.
- Pascual-Nieto, I.; Pérez-Marín, D.; Rodríguez, P. & O'Donnell, M. (2008b). Using Automatically Generated Students' Clicable Conceptual Models for e-tutoring. CEUR-WS, 354, 1-8, ISSN 1613-0073.
- Pérez-Marín, D. (2007). Adaptive Computer Assisted Assessment of free-text students' answers: an approach to automatically generate students' conceptual models. PhD thesis, Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid.
- Pérez-Marín, D.; Alfonseca, E.; Freire, M.; Rodríguez, P.; Guirao, J. & Moreno-Sandoval, A. (2006a). Automatic Generation of Students' Conceptual Models underpinned by Free-Text Adaptive Computer Assisted Assessment. En: Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Techniques (ICALT).
- Pérez-Marín, D., Alfonseca, E; Rodríguez, P. & Pascual-Nieto, I. (2006b). Willow: Automatic and adaptive assessment of students free-text answers. Revista de la Sociedad Española de Procesamiento de Lenguaje Natural (SEPLN), 37, 367-368, ISSN 1135 5948.
- Pérez-Marín, D.; Pascual-Nieto, I.; Alfonseca, E.; Anguiano, E. & Rodríguez, P. (2007a). A study on the impact of the use of an automatic and adaptive free-text assessment system during a university course. En: Blended Learning, pp. 186-195, Pearson, Prentice Hall, ISBN 978-981-06-7903-3
- Pérez-Marín, D.; Pascual-Nieto, I.; Alfonseca, E. & Rodríguez, P. (2007b). Automatically generated inspectable learning models for students. Frontiers in Artificial Intelligence and Education, IOS Press, 158, 632-634, ISSN 0922-6389.
- Pérez-Marín, D.; Pascual-Nieto, I.; Rodríguez, P.; Anguiano, E. & Alfonseca, E. (2007c). Validating automatically generated students' conceptual models from free-text answers at the level of concepts. American Institute of Physics. ISSN 1551-7616. Disponible en línea en <http://adsabs.harvard.edu/abs/2008AIPC.1060...90P>. [Accedido por última vez el 20 de mayo de 2009].
- Pérez-Marín, D.; Pascual-Nieto, I. & Rodríguez, P. (2009) Adaptive Computer Assisted Assessment of students' free-text answers with the Will Tools to automatically generate students' conceptual models for e-tutoring. Capítulo aceptado para ser publicado en: Fu Lee Wang, Joseph Fong & Reggie Kwan (eds), *Handbook of Research on Hybrid Learning Models: Advanced Tools, Technologies and Application*. Portugal: Information Science Reference.

- Phipps, R.A. & Merisotis, J.P. (1999). *What's the difference? A review of contemporary research in the effectiveness of distance learning in higher education*. Washington, DC: Institute for Higher Education Policy. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 429 524)
- Potter, J. (1998). Beyond Access: Student perspective on support service needs in distance education. *The Canadian Journal of University Continuing Education/Revue canadienne de l'éducation permanente universitaire*, 24(1):59-82.
- Powers, S., & Rossman, M.H. (1985). Student satisfaction with graduate education: Dimensionality and assessment in college education. *Psychology: A Quarterly Journal of Human Behavior*, 22(2):46-49.
- Preece, J. (1994). *Human-Computer Interaction*. Pearson Education: Essex, England.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H. (2002) *Interaction Design Beyond Human-Computer Interaction*. Wiley.
- Puntambekar, S.; Stylianou, A. & Hubscher, R. (2003). Improving Navigation and Learning in Hypertext Environments With Navigable Concept Maps. *Human-Computer Interaction*, 18(4):395--428.
- Richmond, V.P., Gorham, J.S., & McCroskey, J.C. (1987). The relationship between selected immediacy behaviors and cognitive learning. In M.A. McLaughlin (Ed.), *Communication yearbook 10*, pp. 574-590. Newbury Park, CA: Sage.
- Rodriguez-Ardura, I. & Ryan, G. (2001). Integración de materiales didácticos hipermedia en entornos virtuales de aprendizaje: retos y oportunidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 25,177-203
- Rosenfeld, L. & Morville, P. (2002). *Information Architecture for the World Wide Web*. 2ª edición. ISBN 0-596-00035-0.
- Rovai, A. & Barnum, K. (2003). On-line Course Effectiveness: An Analysis of Student Interactions and Perceptions of Learning', *Journal of Distance Education*, 18(1):57--73.
- Russell, T. (1999). *The No Significant Difference Phenomenon*. Published by North Carolina State University. IDECC(Organization). ISBN 0966893603
- Sánchez-Delgado, P. (ed.) (2008). *El proceso de enseñanza y aprendizaje*. Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad Complutense de Madrid. Gráficas Varona. Salamanca. ISBN 978-84-608-0191-7
- Shneiderman, B. (1986). *Designing the User Interface: Strategies for effective human-computer interaction*. Addison Wesley, Reading, Massachusetts.
- Shneiderman, B. (1992) *Designing the User Interface*, Addison-Wesley 1992.
- Shneiderman, B. (2002). *Leonardo's Laptop: Human Needs and the New Computing Technologies*. Londres: The MIT Press, 78-80.
- Sieber, J. (2005). Misconceptions and realities about teaching online. *Science and Engineering Ethics* 11(3):329-340.

- Sims, R. (1999). Interactivity on stage: Strategies for learner-designer communication. *Australian Journal of Educational Technology*, 15(3):257-272.
- Srihari, R.; Li, W. & Cymfony, N. (2000). Information extraction supported question answering, *NIST Special Publication*, National Institute of Standards & Technology (NIST), 185-196.
- Stylianou, A. & Putambekar, S. (2003). How do students navigate and learn from nonlinear science text: Can metanavigation support and promote learning?. En: *New Technologies And Their Applications in Education: Proceedings of the Sixth International Conference on Computer Based Learning in Science (CBLIS)*, 1, pp. 674-684.
- Sutton, L. (2001). The principles of vicarious interaction in computer-mediated communications. *Journal of Interactive Educational Communications*, 7(3):223-242.
- Thimbleby, H. (1990). *User interface design*. ACM Press, Addison and Wesley.
- Treviranus, J.; McCathieNeville, C.; Jacobs, I.; Richards, J. (eds) (2000). *Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) 1.0*. Recomendación del W3C. 3 de febrero. Recurso Web disponible en línea en <http://www.w3.org/TR/ATAG10/>. [Accedido por última vez el 20 de mayo de 2009].
- Trinkle, D.A. (1999). Distance education: A means to an end, no more, no less. *Chronicle of Higher Education*, 45(48), 1.
- Tufte E.R., (1989). *Visual Design of the User Interface*. IBM Corporation, Armonk, N.Y.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*, Cambridge: Harvard University Press.
- W3C (1994). Web Accessibility Initiative (WAI). *Sitio Web* creado por el *World Wide Web Consortium*. Disponible en línea en <http://www.w3.org/WAI/>. [Accedido por última vez el 15 de junio de 2009].
- Wang, Y.D.; Emurian, H.H. (2005). An overview of online trust: Concepts, elements, and implications. *Computers in Human Behavior*, 21, 105-125.
- Wenger, E. (2001). *Supporting communities of practice: A survey of community-orientated technologies* (1.3 ed.) (Shareware). Disponible en línea en <http://www.ewenger.com/tech>. [Accedido por última vez el 6 de junio de 2003]
- Wuwongse, V. & Manzano, M. (1993). Fuzzy Conceptual Graphs. En: *Conceptual Graphs for Knowledge Representation. Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin / Heidelberg, 699, 430-449.
- Zapata-Rivera, D.; Hansen, E.; Shute, V.; Underwood, J. & Bauer, M. (2007), 'Evidence-based Approach to Interacting with Open Student Models', *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 17(3):273-303.
- Zhang, P. & Li, N. (2005). The Importance of Affective Quality. *Communications of the ACM*, 48(9):105-108.

Apéndices

En esta parte adicional se incluyen algunos documentos complementarios al texto principal del trabajo. En particular, los apéndices incluidos son:

- **Apéndice A:** es el cuestionario de evaluación de la satisfacción del Editor de Preguntas de Atenea realizado a profesores en el curso 2005/2006.
- **Apéndice B:** es el cuestionario de evaluación de la satisfacción de uso de COMOV usado con los profesores durante el curso 2006/2007
- **Apéndice C:** es el cuestionario de evaluación de la satisfacción utilizado en el experimento de uso de Willow por estudiantes no técnicos para ser rellenado durante el tiempo de una clase en laboratorios de informática (curso 2007/2008).
- **Apéndice D:** es el cuestionario de evaluación de la satisfacción utilizado en el experimento de uso de Willow por estudiantes no técnicos para ser completado en línea una vez el estudiante considerase que había terminado de usar el sistema (curso 2007/2008).
- **Apéndice E:** es el cuestionario de evaluación de la satisfacción utilizado en el experimento de uso de Willow por estudiantes no técnicos (curso 2007/2008).

Apéndice A

Cuestionario de satisfacción del *Editor de Preguntas de Atenea* (2006/2007)

Imagine que es un autor de contenidos para cursos hipermedia adaptativos. Ahora entre en la dirección web <http://localhost:8080/ateneaAdaptativa/jsp/formularioProfesor.jsp> y use el módulo de autor para crear colecciones de preguntas adaptativas. Por favor, rellene todos los campos que le aparezcan y complete las siguientes tres tareas:

1. Inserte una nueva pregunta en la colección de preguntas de Sistemas Operativos I.
2. Cree una nueva colección de preguntas.
3. Actualice la información sobre la primera pregunta de la colección de Programación Orientada a Objetos.

Una vez realizadas, por favor rellene el siguiente cuestionario:

1. Valore la familiaridad que tiene en programas de autor de este estilo:
 - a) Muy familiarizado/a
 - b) Familiarizado/a
 - c) Medianamente familiarizado/a
 - d) Poco familiarizado/a
 - e) No sabe/no contesta
2. Valore la dificultad encontrada en realizar las tareas como:
 - a) Muy fácil
 - b) Fácil
 - c) Medianamente complicada
 - d) Difícil
 - e) Muy difícil
 - f) No sabe/no contesta
3. Valore la utilidad de una herramienta de autor como esta para introducir nuevas preguntas adaptativas en TANGOW u otro sistema hipermedia adaptativa:
 - a) Muy útil
 - b) Útil
 - c) Medianamente útil
 - d) Poco útil
 - e) Muy poco útil
 - f) No sabe/no contesta

4. El diseño de los formularios a rellenar le ha parecido:
 - a) Muy intuitivo
 - b) Intuitivo
 - c) Medianamente intuitivo
 - d) Nada intuitivo
 - e) No sabe/no contesta
5. La(s) tarea(s) que le ha(n) resultado más complicada(s) ha(n) sido:
 - a) Ninguna
 - b) La primera: insertar una nueva pregunta
 - c) La segunda: insertar una nueva colección
 - d) La tercera: modificar el contenido de una pregunta ya existente
 - e) Las tres
6. En general, entre trabajar con las preguntas adaptativas con o sin la herramienta de autor usted prefiere:
 - a) Sin la herramienta de autor
 - b) Con la herramienta de autor
7. Comparada con otras herramientas de autor, he notado que:
8. Lo que más me ha gustado ha sido:
9. Lo que menos me ha gustado:
10. Pienso que se debería mejorar:

¡Muchas gracias por su colaboración!

Apéndice B

Cuestionario de satisfacción del uso de COMOV (2006/2007)

1. Puntúa de 1 (menos) a 5 (más):

- La familiaridad de usar modelos conceptuales en tu clase:
- Lo intuitiva que te parece la interfaz de COMOV:
- Lo informativa que te parece la representación tabular:
- Lo informativa que te parece la representación de diagrama de barras:
- Lo informativa que te parece la representación textual:
- Lo informativo que te parece el mapa conceptual:

2. Selecciona, en general, si prefieres la representación tabular (T), el diagrama de barras (B), el resumen textual (S) o el mapa conceptual (C). Por favor, justifica tu respuesta.

3. Puntúa lo útil que consideras que COMOV es para poder saber lo que los estudiantes han comprendido del tema.

4. ¿Usarías COMOV en tus clases? Por favor, justifica tu respuesta

5. ¿Recomendaría el uso de COMOV a los profesores de otros cursos? Por favor, justifica tu respuesta.

6. Por favor, escribe cualquier comentario o sugerencia que tengas sobre COMOV:

Apéndice C

Cuestionario de satisfacción de estudiantes no técnicos (2007/2008) para sesión en el laboratorio

1. Seleccione el tipo de acceso a Internet que tiene en su casa:
 - a) No tengo Internet en casa
 - b) Módem
 - c) ADSL
 - d) Fibra
 - e) Otro
2. Prefiero usar el sistema desde:
 - a) Casa
 - b) Los Laboratorios
 - c) Otro
3. Sobre el sistema de subir y bajar de nivel opino que:
 - a) Me ha resultado muy útil, me reforzaba cuando subía de nivel y hacía que me esforzara más cuando me bajaba de nivel.
 - b) Me parece interesante, aunque no me gusta que me muestre la frase de 'Enhorabuena...' o 'Tus notas no son suficientemente buenas...'
 - c) Me parece bien.
 - d) Me parece que ni ayuda ni perjudica.
 - e) No me gusta, sería mejor quitar esta característica del sistema.
4. Sobre el orden de las respuestas:
 - a) Me gusta que empiece con preguntas fáciles y luego se vaya complicando.
 - b) En realidad, me gustaría que fuera al revés que empezara con las difíciles.
 - c) Me gustaría que empezara por un nivel intermedio.
 - d) Preferiría decidir yo el nivel de dificultad de la pregunta que se me va a preguntar.
 - e) Otro

5. En general, el sistema me ha resultado:
- a) Fácil de usar b) Difícil de usar
6. Creo que el sistema se ajusta:
- a) Bien a mis necesidades b) Mal a mis necesidades
7. Me parece que el sistema es útil para reforzar conceptos:
- a) Sí b) No
8. En general, me siento:
- a) Satisfecho de usar el sistema b) Nada satisfecho de usar el sistema
9. Me gustaría seguir usando el sistema (incluso en otras asignaturas):
- a) Sí b) No
10. Recomendaría el uso del sistema (incluso en otras asignaturas):
- a) Sí b) No
11. Me ha resultado ameno trabajar con el sistema:
- a) Sí b) No
12. En la semana el tiempo que dedico normalmente a repasar Sistemas Operativos es:
- a) Menos de cinco horas b) Más de cinco horas
13. Me parece que la posibilidad de tener feedback instantáneo (nota, respuesta corregida y referencias de los profesores):
- a) Es buena.
- b) Me resulta indiferente
14. He usado el sistema:
- a) Todo el tiempo que he podido (porque quería repasar antes del examen)
- b) Poco tiempo porque ahora estoy muy ocupado con prácticas, otras asignaturas,...
- c) Casi no la he usado, me parece una pérdida de tiempo

15. Me gustaría que en una nueva versión del sistema se pudiera ir libremente de una pregunta a otra:

- a) Sí, pero solo a aquellas preguntas que son de mi nivel de conocimiento
- b) Sí a cualquier pregunta
- c) No cambiaría el orden de las preguntas, me gusta como está ahora
- d) Prefiero que el sistema presente las preguntas de forma aleatoria
- e) Otro

16. Sobre los cuestionarios de autoevaluación:

- a) Considero que me han ayudado bastante y me ha gustado que apareciera las soluciones correctas de forma inmediata
- b) Me han ayudado a repasar y mantenerme al día pero me hubiera gustado que apareciera también una nota
- c) Hubiera preferido que fueran de elección múltiple en lugar de texto libre
- d) Me ha parecido bastante molesto tener que realizarlos semana a semana, mucho trabajo
- e) Me parecen inútiles

17. Comentarios adicionales sobre el sistema:

Apéndice D

Cuestionario de satisfacción de los estudiantes no técnicos (2007/2008) disponible en línea

1. ¿Te ha resultado difícil usar Willow?
 - a) Sí
 - b) No
2. ¿Te ha resultado divertido usar Willow?
 - a) Sí
 - b) No
3. ¿Estás satisfecho de haber usado Willow para repasar?
 - a) Sí
 - b) No
4. ¿Crees que al tener disponible Willow esto te ha ayudado a repasar más antes del examen?
 - a) Sí
 - b) No
5. ¿Prefieres que Willow ponga una nota orientativa o autoevaluarte?
 - a) Nota orientativa de Willow
 - b) Autoevaluarme
 - c) Las dos opciones
 - d) Ninguna de las dos opciones, prefiero.....
6. Valora (de 5- muy bien a 1-muy mal) qué te ha parecido que Willow:
 - a) Presente la nota automáticamente [.....]
 - b) Presente el texto corregido de tu respuesta [.....]
 - c) Presente las respuestas correctas de los profesores [.....]
 - d) Presente la corrección de las preguntas respondidas pero no superadas [.....]
 - e) El diálogo de orientación hacia la respuesta correcta [.....]
 - f) Poder realizar una autoevaluación [.....]

7. ¿Qué piensas sobre el modelo conceptual generado por Willow?
 - a) Es muy útil (me ha ayudado para saber qué conceptos sabía ya)
 - b) Es útil (me ha parecido interesante)
 - c) Normal
 - d) Poco útil (no era representativo de los conceptos que me sabía)
 - e) Inútil (una pérdida de tiempo)

8. ¿Qué representación del modelo te parece más representativa?
 - a) Mapa conceptual (individual o colectivo)
 - b) Diagrama conceptual (individual o colectivo)
 - c) Tabla (individual o colectivo)
 - d) Gráfica (individual o colectivo)
 - e) Resumen textual (individual o colectivo)

9. Me ha gustado de Willow.... No me ha gustado de Willow y pienso que debería mejorarse en....

Apéndice E

Cuestionario de satisfacción para estudiantes técnicos (2007/2008)

1. En casa:
 - a) Tengo Internet.
 - b) No tengo Internet pero estoy pensando en instalarlo para el año que viene.
 - c) No tengo Internet, ni intención de poner Internet.
2. Comencé la carrera de Ingeniería Informática:
 - a) Porque me interesa la informática y aprender cada día más sobre informática.
 - b) Porque me han dicho que se gana mucho dinero trabajando como Ing. Informático.
 - c) Porque.....
 - d) No lo sé.
3. ¿Qué opinas sobre las revisiones de prácticas previas a su entrega?
 - a) Me parecen útiles.
 - b) No me gustan porque me quitan tiempo de poder preguntar dudas.
 - c) Preferiría que no hubiera revisiones porque no les veo la utilidad.
4. ¿Qué opinas sobre las retroalimentaciones sobre las prácticas una vez ya entregadas?
 - a) Me parecen útiles.
 - b) No me gustan porque me quitan tiempo de poder preguntar dudas.
 - c) Preferiría que no hubiera retroalimentaciones porque no les veo la utilidad.
5. En particular, creo que este tipo de revisiones y retroalimentaciones ha sido clave para mi aprendizaje en las practicas de operativos:
 - a) Sí
 - b) No
6. ¿Cuál es tu opinión para el próximo año?
 - a) Se deberían eliminar las revisiones.
 - b) Se deberían eliminar las retroalimentaciones.
 - c) Se deberían dejar las revisiones y retroalimentaciones como están.

7. En general, ¿qué opinas sobre seguir una evaluación continua en prácticas?
- a) Me gusta la idea de que el profesor tenga varias notas y siga mi trabajo durante el cuatrimestre.
 - b) No me gusta porque requiere mucho trabajo que no me da tiempo a realizar.
 - c) Preferiría que no hubiera evaluación continua porque no le veo la utilidad.
8. ¿Crees que estás asimilando bien los conceptos de la asignatura en prácticas?
- a) Sí, comprendo todo en clase y soy capaz de relacionarlo.
 - b) Medianamente, comprendo los conceptos por separado pero no soy capaz de relacionarlos.
 - c) No soy capaz de comprenderlos en clase, pero luego reviso en mi casa y los entiendo y relaciono.
 - d) No soy capaz de comprenderlos en clase, pero luego en mi casa los entiendo sin relacionarlos.
 - e) No, no me entero en clase y luego en casa tampoco lo comprendo.
 - f) No, no me entero en clase y luego en casa no tengo tiempo para revisar.
9. ¿Crees que aprovechas bien las clases de prácticas?
- a) Sí, porque.....
 - b) No, porque.....
10. ¿Qué te parece incluir el propio ordenador como herramienta de aprendizaje?
- a) Buena idea, así podría revisar más a mi propio ritmo.
 - b) Ni buena, ni mala, no me da tiempo a hacer ninguna otra tarea.
 - c) Mala idea, los ordenadores no deben ser usados para la enseñanza.
11. La carga de trabajo de estas prácticas me ha parecido:
- a) Adecuada.
 - b) Excesiva.
 - c) Baja.
12. ¿Qué te parecería que el próximo año parte de los ejercicios de conceptos se evaluaran de forma automática?
- a) Bien, siempre que se complemente con las revisiones y retroalimentaciones en clase.
 - b) Bien, de hecho el sistema basado en el uso de un ordenador como revisor debería sustituir al actual sistema basado en el profesor como revisor y ya no tener que venir a clase.
 - c) Mal, no me gusta la idea de tener que usar un ordenador para revisar los

13. El próximo año me gustaría que las prácticas de operativos:

a) Siguiieran igual que este año, porque.....

b) Cambiaran en.....

14. Considero que el ordenador es un buen complemento para repasar los conceptos vistos en clase:

a) Sí, porque.....

b) No, porque.....

15. Si me hubieran dejado elegir, hubiera preferido:

a) Repasar con Willow, porque.....

b) Repasar con el temario en papel, porque.....

16. A la hora de repasar los conceptos para el examen final, me gustaría que en el sistema hubiera un avatar (agente animado en el sistema web) que me guiara:

a) Sí porque.....

b) Sí, de hecho me gustaría incluso personalizarlo porque.....

c) No porque.....

17. Para el examen final, tengo intención de:

a) Repasar con Willow porque.....

b) No repasar con Willow porque.....

18. En general, sobre las prácticas de operativos de este año me gustaría comentar:

19. En general, sobre el uso de Willow para repasar en casa me gustaría comentar:

20. En general, me gustaría que el próximo año en las prácticas de Operativos: